

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria de l'energia**

# **OPTIMITZACIÓ DE STOCKS APLICADA A UNA EMPRESA**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Arantxa Inieta Mancillas  
**Director:** Bruno Doménech Léga  
**Convocatòria:** Maig 2019



## Resum

L'objecte d'aquest estudi es centra en trobar la política de gestió d'estocs òptima, des del punt de vista econòmic, per a una empresa del sector industrial.

Utilitzant les dades proporcionades per l'empresa pel que fa a les vendes dels seus productes principals es determina quina és la demanda prevista pel següent any d'exercici utilitzant diferents mètodes estadístics. Posteriorment, es realitza pròpiament la planificació d'aprovisionament, tant de manera individual com conjunta, de les diferents referències analitzades. Finalment, per tal de garantir la robustesa del procediment i dotar l'estudi de més fiabilitat es fa un anàlisi de sensibilitat l'objectiu del qual és observar l'impacte de les variacions de la demanda en la gestió d'estocs.

Els resultats conclouen que la política de gestió d'estocs òptima està tan lligada a la demanda que qualsevol fluctuació en aquesta desencadena grans variacions en els costos anuals, la qual cosa pot perjudicar l'empresa de manera molt greu per les quantitats de diners de les que es tracta i les dimensions de l'empresa en qüestió. D'altra banda, també es conclou que els mètodes de predicció de la demanda no són molt eficaços per la naturalesa de la tendència i estacionalitat de les dades processades i per tant posar en pràctica la política òptima que s'ha determinat en aquest estudi generaria un risc molt gran, en alguns casos de ruptura d'estoc, i en altres de pèrdua de liquiditat.

## Resumen

El objeto de este estudio se centra en encontrar la política de gestión de stocks óptima, desde el punto de vista económico, para una empresa del sector industrial.

Utilizando los datos proporcionados por la empresa en cuanto a las ventas de sus productos principales se determina cuál es la demanda prevista para el siguiente año de ejercicio utilizando diferentes métodos estadísticos. Posteriormente, se realiza propiamente la planificación de aprovisionamiento, tanto de manera individual como conjunta, de las diferentes referencias analizadas. Finalmente, para garantizar la robustez del procedimiento y dotar el estudio de más fiabilidad se hace un análisis de sensibilidad el objetivo del cual es observar el impacto de las variaciones de la demanda en la gestión de stocks.

Los resultados concluyen que la política de gestión de stocks óptima está tan ligada a la demanda que cualquier fluctuación en esta desencadena grandes variaciones en los costes anuales, lo cual puede perjudicar la empresa de manera muy grave por las cantidades de dinero de las que se trata y las dimensiones de la empresa en cuestión. Por otro lado, también se concluye que los métodos de predicción de la demanda no son muy eficaces teniendo en cuenta la naturaleza de la tendencia y estacionalidad de los datos procesados y por tanto poner en práctica la política óptima que se ha determinado en este estudio generaría un riesgo muy grande, en algunos casos de ruptura de stock, y en otros de pérdida de liquidez.

## Abstract

The purpose of this study is to find the optimal stock management policy, from the economic point of view, of an industrial field company.

Using the sales data of the main products provided by the company, the expected demand for the following year of exercise is calculated using different statistical forecasting methods. Subsequently, supply planning of the different analyzed products is carried out, both individually and combined. Finally, in order to guarantee the robustness of the procedure and to provide the study with more reliability, a sensitivity analysis is carried out, the objective of which is to observe the impact of demand variations in stock management.

The results conclude that the optimal stock management policy is so linked to the demand that any fluctuation in it triggers considerable variations in annual costs, which can harm the company in a very severe way due to the amounts of money involved and the dimensions of the company. On the other hand, it is also concluded that the forecasting methods are not very effective considering the nature of the trend and seasonality of the processed data and therefore, the risk of putting into practice the optimal policy that has been determined in this study would be very significant, in some cases there would be stock rupture, and in others loss of liquidity.

## Agraïments

A la meva mare per ensenyar-me a pensar i al meu pare per ensenyar-me a ordenar aquests pensaments.

Al meu germà per les seves paraules.

A l'Eduard Martinell per la seva generositat i facilitats que m'ha donat per a la realització d'aquest treball.

A l'Esteban, pel seu suport a tots els nivells amb 10.000 quilòmetres entremig.

Al professor Luis Eduardo Mújica pel temps que em va dedicar.

H. Per ser, sense saber-ho, la raó per la qual vaig seguir amb la carrera.



# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>IV</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>9</b>
1.1. Origen del treball .....	9
1.2. Motivació .....	9
1.3. Requeriments previs.....	10
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
2.1. Objectius del treball.....	12
2.2. Abast del treball.....	12
2.3. Metodologia de treball .....	13
<b>3. EXTRACCIÓ DE DADES</b>	<b>15</b>
3.1. Contextualització .....	15
3.2. Tipologia de producte.....	16
3.2.1. Pressòstats .....	16
3.2.2. Cabalímetres .....	17
3.2.3. Acumuladors .....	17
3.3. Lead time .....	18
3.3.1. Pressòstats .....	18
3.3.2. Cabalímetres .....	19
3.3.3. Acumuladors .....	19
3.4. Costos.....	19
3.4.1. Pressòstats .....	20
3.4.2. Cabalímetres .....	21
3.4.3. Acumuladors .....	22
3.5. Demanda.....	23
3.6. Dimensionament de l'estoc mínim .....	24
<b>4. TRACTAMENT DE DADES</b>	<b>27</b>
4.1. Anàlisi exploratòria .....	27



4.1.1.	Anàlisi ABC .....	27
4.2.	Previsió de la demanda .....	30
4.2.1.	Alternatives considerades .....	31
4.2.2.	Mètode I: Sèries temporals .....	33
4.2.3.	Mètode II: Allisat Exponencial .....	43
4.2.4.	Mètode III: Regressió lineal segons l'IPI. ....	49
4.2.5.	Comparativa amb les dades reals .....	53
<b>5.</b>	<b>PLANIFICACIÓ ÒPTIMA DE L'APROVISIONAMENT .....</b>	<b>57</b>
5.1.	Planificació individual.....	57
5.1.1.	Pressòstats.....	58
5.1.2.	Acumuladors.....	60
5.2.	Planificació conjunta .....	60
5.2.1.	Pressòstats.....	63
5.2.2.	Acumuladors.....	64
5.3.	Anàlisi de sensibilitat.....	65
5.3.1.	Planificació individual amb demanda anual .....	66
5.3.2.	Planificació individual amb demanda mensual no homogènia .....	68
5.3.3.	Planificació conjunta. A cada entrega tots els productes. ....	77
5.3.4.	Planificació conjunta. A cada entrega un subconjunt de productes. ....	79
<b>6.</b>	<b>ANÀLISI DE RISCOS AMBIENTALS .....</b>	<b>81</b>
6.1.	Emissions CO <sub>2</sub> .....	81
6.2.	Altres riscos ambientals .....	82
<b>7.</b>	<b>ANÀLISI ECONÒMICA .....</b>	<b>83</b>
7.1.	Recursos humans .....	83
7.2.	Materials .....	83
7.3.	Serveis .....	84
7.4.	Aplicació d'IVA.....	84
<b>CONCLUSIONS</b> .....		<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....		<b>88</b>



# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del treball

Com a activitat complementària a la formació dins la titulació d'Enginyeria de l'Energia, vaig estar fent pràctiques curriculars a una empresa dedicada a la comercialització de diversos productes del sector oleo-hidràulic. Durant aquesta estada, la meva feina consistia principalment a desenvolupar tasques purament comercials com preparar pressupostos, documentació relacionada amb una comanda, contactar amb clients, entre d'altres, però aviat em va generar curiositat saber més sobre la política d'aprovisionament de l'empresa, el tracte amb els proveïdors, els tipus de descompte i com influeixen tots aquests factors en les decisions per l'estoc dels diferents productes que hi havia al magatzem.

De manera simultània estava cursant l'assignatura Organització de la Producció (OP), la qual trobava molt interessant, ja que els conceptes que apareixen al temari de l'assignatura tenien molta relació i eren aplicables en l'activitat quotidiana de l'empresa.

Aquesta circumstància va propiciar que el meu superior m'instruís i m'anés transferint la responsabilitat de monitorar els estocs de l'empresa. En el moment de decidir la temàtica del TFG vaig trobar bastant natural aprofundir en la política d'aprovisionament que té l'empresa actualment i investigar si hi ha alguna alternativa que permeti estalviar diners i simplificar aquest seguiment.

## 1.2. Motivació

Hi ha tres factors que han motivat la tria de la temàtica d'aquest treball.

En primer lloc, veure la utilitat dels conceptes apresos a l'assignatura d'OP, confirmar com s'apliquen aquestes nocions fora de l'àmbit acadèmic i sobretot en el món laboral.

D'altra banda, recentment he descobert que la logística és un àmbit que em genera molta curiositat i volia posar a prova la meua capacitat per portar a terme operacions relacionades amb ell, i saber si és una cosa a la que em podria dedicar realment de manera professional.

Finalment, és una manera de fer progressar l'empresa. Poder portar un pla d'aprovisionament que sigui més econòmic i simple que el que hi ha establert representa una millora i per tant un possible creixement de l'empresa.

### 1.3. Requeriments previs

Per tal de realitzar aquest treball, primer es va haver de demanar consentiment a l'empresa per poder utilitzar les seves dades i tractar-les. Aquestes dades s'han hagut de preparar amb l'objectiu de que l'empresa estigués conforme amb la manera de presentar-les, sense que la seva publicació suposés un risc en la política de confidencialitat de la companyia.

Pel que fa a l'ús del software R, amb el qual es pretén tractar les dades, vaig haver de fer una formació prèvia per saber quines funcions utilitzar per tal d'obtenir els resultats desitjats a partir de les dades amb les que estava treballant.

Finalment, tenir uns coneixements previs pel que fa a la gestió d'estocs, per molt bàsics que siguin era imprescindible per poder tirar endavant aquest projecte. Tot i que, en alguns conceptes concrets es va haver d'aprofundir ja que les tècniques aplicades a l'assignatura d'Organització de la Producció no cobrien l'abast del projecte.

## 2. Introducció

La gestió d'estocs és uns dels aspectes més importants de qualsevol empresa. Cal tenir present, que l'estoc de material són diners que s'han pagat i que per tant ja no estan disponibles al compte corrent. Per tant, en augmentar els estocs els diners disponibles (liquiditat o tresoreria) es veuen reduïts inevitablement.

Per al departament comercial quant més estoc millor, perquè tenir els productes disponibles per a lliurament immediat ajuda molt a aconseguir una venda. Però si hi ha massa estoc es pot arribar a una situació de problemes de tresoreria i en l'extrem incórrer en una suspensió de pagaments. Al contrari, per al departament financer quants més diners disponibles millor, perquè assegura tenir liquiditat per a pagar tots els compromisos. Però si no hi ha estoc suficient, es poden perdre vendes i en l'extrem acabar amb pèrdues.

Aquest és un conflicte inherent a qualsevol empresa, per tant cal trobar l'equilibri just entre totes dues forces. Per a trobar aquesta harmonia s'utilitzen les tècniques d'optimització d'estocs, les quals troben el punt just de material a tenir en estoc per tal de no tenir ruptures i per tant provocar pèrdues, però a la vegada evitant tenir un excedent que pugui portar a tenir problemes financers per falta de liquiditat.

Aquests mètodes de gestió d'estocs permeten determinar quines són les quantitats de cada producte i la freqüència amb la que s'han de fer aquestes comandes a cada proveïdor per tal que l'impacte econòmic sigui el menor possible per l'empresa i que la logística de les comandes sigui més eficient. A l'aplicar aquests models es tenen en compte tots els elements influents que intervenen en la determinació de la planificació òptima de l'aprovisionament com són la demanda, els costs i les limitacions específiques imposades per cada fabricant, com poden ser la quantitat mínima de comanda, les mides dels lots o els descomptes per quantitats.

La finalitat del projecte és doncs aconseguir determinar l'equilibri entre les compres i les vendes, fent ús de diferents mètodes d'optimització i gestió d'estocs, per tal d'aconseguir la màxima competitivitat, regulant, mitjançant l'emmagatzematge, el flux d'adquisicions i lliuraments. Aquesta política d'aprovisionament ha de garantir un estoc suficient per a satisfer la demanda externa (les comandes dels clients), sempre de manera que el seu emmagatzematge resulti rendible. Es tracta, doncs, de mantenir un nivell d'estoc adequat, ajustant al màxim segons les capacitats i necessitats de l'empresa en qüestió.

## 2.1. Objectius del treball

Aquest estudi té com a objectiu avaluar polítiques d'aprovisionament alternatives a les que s'han utilitzat fins ara en una empresa del sector oleo-hidràulic pel que fa als productes que es guarden en estoc. Posteriorment es pretén determinar si aquests nous plans realment representen una millora i són viables tenint en compte les característiques de l'empresa (espai, liquiditat...).

L'avaluació té com a objectiu també estudiar els límits dels mètodes d'optimització d'estocs. Dit d'una altra manera, analitzar la utilitat i viabilitat real d'aplicar aquests mètodes coneguts a PIMES, sobretot en els casos on la demanda és molt variable i no depèn d'un factor en concret.

Per tant, es podria resumir l'objectiu principal d'aquest estudi com a la determinació de la política d'aprovisionament òptima per als productes més importants de l'empresa.

També es poden distingir uns quants objectius específics per tal d'aconseguir l'objectiu principal, els quals s'enumeren a continuació.

- Extracció de dades de l'empresa. S'ha de fer un recull de les dades de vendes històriques de tots els productes de l'empresa, dels costos (adquisició, transport, estoc...) associats a cada producte i dels descomptes que proporciona cada proveïdor.
- Tractament de dades. S'ha de fer una anàlisi exhaustiva de les dades extretes per tal d'identificar aquells productes que són més importants per a la facturació de l'empresa i per tant amb els que es treballarà en aquest projecte.
- Predicció de la demanda. S'ha de preveure quina serà la demanda pel següent any d'exercici. Per fer-ho s'han d'analitzar les dades històriques i aplicar diferents mètodes per fer la predicció.
- Gestió d'estocs. Finalment s'analitzen diferents polítiques d'aprovisionament per determinar quina d'elles és l'òptima per a l'empresa.

## 2.2. Abast del treball

El projecte abasta tot el procés de la definició d'un pla d'aprovisionament. Des del tractament de dades, és a dir, triar la informació que és realment interessant i útil, definir la previsió de la demanda pel període en que es pretén fer aquest pla, i finalment establir la planificació òptima tenint en compte els diferents factors que intervenen en la comanda de cadascun dels productes comercialitzats per l'empresa i de quina manera s'interrelacionen entre ells.

Per poder fer el tractament de les dades i extreure els resultats estadístics desitjats s'ha de tenir un domini tant teòric com pràctic dels conceptes d'Organització d'Estocs i de les eines informàtiques i softwares que permeten treballar amb les referències proporcionades per l'empresa.

## 2.3. Metodologia de treball

Per tal d'aconseguir els objectius establerts a l'apartat 2.1. es fa un estudi seguint els passos que es descriuen a continuació.

Primerament s'extreuen les dades de la base de dades de l'empresa. El software de gestió utilitzat per la companyia guarda per separat cada any d'exercici de l'empresa, per tant, s'ha d'entrar any per any de manera individual al sistema i extreure les dades de vendes per totes les referències que comercialitza l'empresa. Aquestes dades però s'han de tractar, d'una banda per a protegir la confidencialitat de l'empresa, és a dir no desvetllar les referències reals dels productes, i d'altra banda per tal d'organitzar la informació de manera que sigui útil i fàcil d'utilitzar. Així, primerament s'identifiquen aquells proveïdors, els productes dels quals seran els que s'analitzin, la resta de productes i proveïdors s'eliminen del full de càlcul. Es fa també una taula d'equivalències entre les referències reals i els identificadors que s'utilitzaran al treball, s'ordenen totes les dades extretes per proveïdor i en ordre cronològic. Finalment, només es deixen al full de càlcul aquells productes que tenen un estoc mínim establert, ja que són els que s'han de controlar. La realització d'aquesta tasca ha comportat una inversió de temps important ja que l'empresa distribueix uns 5.000 productes diferents, alguns s'incorporen o desapareixen d'un any a un altre, la qual cosa dificulta aquesta feina.

Tot seguit, s'ha de decidir quins productes concrets dels proveïdors triats són amb els que es treballarà. Per fer aquesta tria amb una base científica el director del treball suggereix fer una anàlisi ABC. Aquest concepte no havia estat introduït al llarg de la titulació, per tant es va haver d'investigar sobre aquest mètode, com aplicar-ho i les implicacions que té. Es decideix aplicar el mètode només als productes del proveïdor de pressòstats ja que hi ha un ventall de 125 referències amb un estoc mínim establert, la qual cosa no passa amb els altres dos proveïdors, aquests tenen menys de 10 referències cadascun i per tant s'opta per treballar amb tots els productes.

La predicció de la demanda ha estat la part més complicada de tot el treball. Els mètodes d'estimació de demanda coneguts no eren adients per ser aplicats a les dades amb les quals es treballaven. Per començar es va haver de fer una investigació exhaustiva per tal de conèixer totes les possibilitats que existeixen per fer prediccions a partir de dades històriques, una recerca que va molt més enllà dels límits acadèmics de la titulació i on sempre es van tenir en compte totes les eines que es tenien a l'abast (Excel, R, MATLAB...). Es van fer proves amb més de 8 mètodes diferents, encara que finalment a l'informe només es detallen els 3 que convergien a un resultat acceptable. Tot i així, es veu que els

resultats no són fiables ni s'apropen a la realitat, la qual cosa confirma la complexitat de predir una demanda a partir d'unes dades amb la naturalesa que tenen les series històriques de l'empresa.

Finalment, en fer l'anàlisi de gestió d'estocs ha estat necessari aprofundir molt en aquesta temàtica, ja que els coneixements adquirits al llarg de la formació acadèmica de la titulació eren limitats i no permetien fer una anàlisi prou robusta i considerant totes les possibilitats com es fa realment al departament de logística de les empreses. A més a més, es van haver d'assimilar conceptes molt complexos com és la gestió amb demanda aleatòria. En resum, aquests models i plantejaments de planificacions sobrepassen el contingut estrictament acadèmic impartit al llarg de la carrera i per tant aquest treball no es limita a l'aplicació de coneixements universitaris a nivell de grau, sinó que ha implicat un aprenentatge autònom ardu i substancial que complementa la formació com a Enginyera de l'estudiant.



### 3. Extracció de dades

L'objectiu principal d'aquest apartat és explicar d'on surten les dades amb les quals es treballa. Primerament es descriurà l'entorn en el qual l'empresa desenvolupa la seva activitat i quina és la metodologia de treball. A continuació es descriuen els diferents productes en els quals es centra aquest estudi i els seus principals atributs com són el *lead time*, els costos associats, la demanda i l'estoc mínim definit.

#### 3.1. Contextualització

Per poder explicar quines dades s'han extret i de quina manera, el primer que s'ha de fer és contextualitzar l'empresa i el sector dins el qual desenvolupa l'activitat.

Es tracta d'una PIME, amb una plantilla de 5 treballadors, la qual es dedica a l'activitat de distribució de components per a maquinària oleohidràulica, classificada al CNAE (Classificació Nacional d'Activitats Econòmiques) com a *Comerç a l'engròs d'altra maquinària i equip*. L'empresa compta amb un magatzem amb una superfície de 58 m<sup>2</sup> on es guarden tots els productes que interessa tenir en estoc, al magatzem s'aplica el mètode FIFO (*First In First Out*) per tal d'anar extraient els productes a mida que els clients fan comandes, aquesta metodologia permet despatxar els productes més antics mentre es van substituint per adquisicions noves.

La filosofia de l'empresa és mantenir un proveïdor per tipologia de producte, és a dir, representar només un fabricant per cada tipus de producte comercialitzat i no fer competència entre marques dins una mateixa classificació d'equips de mesura. Per aquesta raó en els apartats següents es troben les diferents dades (descomptes, temps de fabricació, costos d'enviament, etc.) dels diferents productes, ja que a més a més, els fabricants es troben en diferents països d'Europa.

Fins ara, el control d'estocs de l'empresa consisteix a, de manera bimensual, imprimir els "Informes de Magatzem" proporcionats pel sistema EMS (*Enterprise Management System*) utilitzat. En aquests informes figuren els "Articles sota estoc mínim", és a dir, tots aquells articles que tenen assignat un estoc mínim però en el moment del monitoratge es troben per sota el llindar establert. A continuació, per cada referència es fa una avaluació tenint en compte les vendes acumulades que hi ha fins al moment i altres característiques com són la quantitat mínima que es pot demanar de cada producte al proveïdor, entre d'altres i finalment es passa comanda al fabricant corresponent.

Hi ha una sèrie de factors que condicionen l'èxit de l'empresa pel tipus d'activitat desenvolupada. Gran part de l'aprovació d'una comanda per part d'un client ve originada pel fet de tenir el material en estoc,

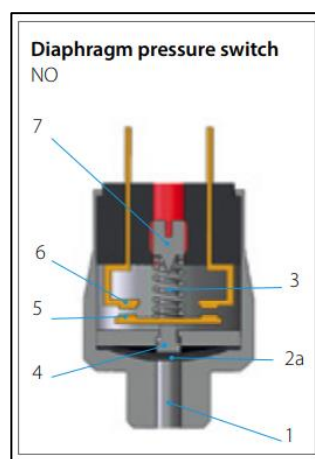
ja que moltes vegades es tracta de peces de reposició dins una màquina que el client no pot tenir aturada ja que li reportaria pèrdues econòmiques, aquests tipus de producte són els anomenats *commodity* i en ells es centren la majoria de les estratègies comercials de la companyia. Aquest factor incideix directament en la importància de tenir ben dimensionat l'estoc dins l'empresa, ja que, si bé és cert que per una banda ajuda a augmentar les possibilitats d'una venda, d'altra banda l'estoc no deixa de ser una quantitat de diners aturada molt important i que no reportarà un benefici fins que el producte s'aconsegueixi vendre.

## 3.2. Tipologia de producte

Com s'ha comentat anteriorment, l'empresa comercialitza un ampli ventall de productes en diferents categories. Aquest projecte es centra principalment en 3 tipus de producte (pressòstats, cabalímetres i acumuladors hidràulics) ja que la resta de productes o bé directament no es guarden en estoc, com per exemple les vàlvules, o no són rellevants pel que fa al pla d'aprovisionament, com poden ser els termòstats o sensors de nivell.

### 3.2.1. Pressòstats

Un pressòstat és un sensor de pressió. N'hi ha de molts tipus, amb diverses característiques que s'adapten a les necessitats i aplicacions on es requereixen. El funcionament és molt senzill i el que fa aquest component és simplement obrir o tancar un circuit electrònic quan s'arriba a una pressió establerta per l'usuari, això comporta que les seves aplicacions siguin molt variades.



**Figura 3.2.1.** Esquema d'un pressòstat mecànic (Font: SUCO )

Tenint en compte aquestes condicions els pressòstats són el producte on es focalitzen els esforços de gestió d'estocs, a més a més, són uns dels productes més fàcilment intercanviables entre marques, per

tant en realitat a part del preu, la decisió final del client en decantar-se per una empresa o una altra, per tal d'adquirir el producte, serà la immediatesa (tenir en estoc o no) per proporcionar el material.

Pel que fa a la classificació de lots, el proveïdor estableix que aquests productes són un FQ (*Fixed Quantity*), és a dir, només es despatxen lots d'una certa quantitat, que en aquest cas són caixes de 10 unitats per cada referència.

### 3.2.2. Cabalímetres

Els cabalímetres són aparells de mesura per maquinària hidràulica, que determinen el cabal del flux d'un determinat fluid. Aquests equips poden ser d'instal·lació fixa o portàtils, segons es requereixi. Aquests aparells representen una inversió econòmica molt més gran que la dels altres dos productes que es tracten al projecte, també tenen un temps de vida útil molt superior al que té un pressòstat per exemple. Per aquesta raó el volum de vendes és menor.



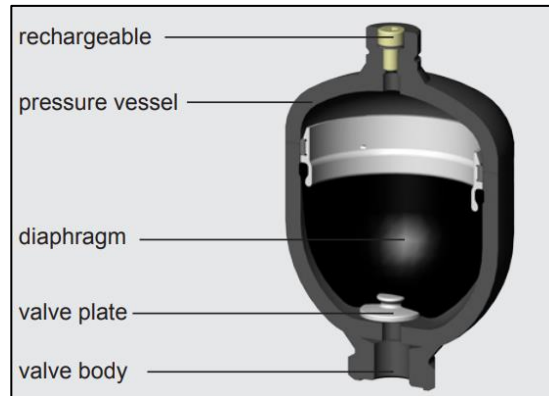
**Figura 3.2.2.** Analitzador hidràulic (Font: AW-Lake )

En el cas d'aquests productes, el que es sol fer a l'empresa és en quant es realitza una venda d'alguna d'aquestes referències es demana un altre a fàbrica per tal d'assegurar tenir sempre l'estoc establert.

Aquest producte es pot classificar com a LFL (*Lot For Lot*) ja que el proveïdor permet adquirir tantes unitats com es necessitin a cada comanda.

### 3.2.3. Acumuladors

Finalment, un acumulador hidràulic és un dispositiu d'emmagatzematge d'energia, on es guarda un fluid oleo-hidràulic sotmès a una certa pressió i utilitzat perquè un sistema hidràulic pugui cobrir pics de demanda, utilitzant bombes i així poder cobrir els increments de demanda.



**Figura 3.2.2.** Acumulador hidràulic de membrana (Font: HYDAC)

El cas dels acumuladors és lleugerament diferent al dels altres dos productes, ja que es va incorporar aquesta línia l'any 2011 amb molt poques referències i de manera gradual s'han anat introduint la resta de productes de la gama.

Es tracta d'un producte MQ (*Minimum Quantity*), és a dir, es poden demanar tantes unitats com facin falta però a partir d'una certa quantitat establerta pel proveïdor, aquests lots solen ser molt grans i per tant permeten tenir aprovisionament durant més d'un any d'exercici quan se'n demanen a fàbrica.

### 3.3. Lead time

Aquest terme s'utilitza a la indústria per definir el concepte de termini de lliurament, és a dir quant trigarà el producte en arribar a les instal·lacions del client un cop s'hagi confirmat la comanda. Aquest terme inclou tant el temps de fabricació del material com de transport entre la fàbrica i la ubicació del client.

Com s'ha comentat anteriorment, cada proveïdor estableix els seus períodes de lliurament i per tant es tracten de manera independent.

#### 3.3.1. Pressòstats

El proveïdor de pressòstats estableix un *lead time* de 8 setmanes, independentment del tipus de referència. A la pràctica s'ha comprovat que en realitat aquest temps està entre 6 i 7 setmanes, en algunes ocasions inclús menys. Tot i així, per tal d'assegurar la fiabilitat de l'estudi i evitar possibles imprevistos en els lliuraments es considerarà el termini oficial de 8 setmanes.

### 3.3.2. Cabalímetres

Pel que fa als cabalímetres fàbrica estableix un *lead time* de 5 setmanes, el qual també és independent al tipus de referència. Actualment la fàbrica està situada a Regne Unit i tenint en compte la situació política del moment s'han observat inestabilitats en aquests terminis d'entrega, més endavant es decidirà amb quin *lead time* es treballarà finalment.

### 3.3.3. Acumuladors

En el cas dels acumuladors, el fabricant estableix un *lead time* estàndard de 16 setmanes, tot i que sovint aquest no és el termini d'entrega real, a la pràctica sol estar entre les 13 i 15 setmanes. Tot i així, anàlogament al cas dels pressòstats, es faran els càlculs tenint en el termini d'entrega estàndard establert en 16 setmanes.

## 3.4. Costos

Per poder saber quin és el benefici net sobre el preu de venda establert d'un determinat producte, primerament s'han de determinar els diferents costos associats al producte en qüestió i posteriorment aplicar un marge de guany. Seguidament, es descriuen els diferents costos associats a l'adquisició i posterior venda d'un material.

- Cost base: És el preu de llista per un determinat producte. Els proveïdors envien anualment als seus distribuïdors oficials un fitxer amb els preus dels productes que comercialitzen.
- Cost d'adquisició: És el preu un cop s'aplica el descompte. Depenent de la política comercial de la companyia a tots els distribuïdors s'aplicarà un mateix descompte o bé s'avaluarà per cada distribuïdor el descompte que se li aplicarà en funció del seu volum de compra.
- Cost de transport o de llançament: És el cost associat a l'enviament del material des de la fàbrica o magatzem del proveïdor fins a les instal·lacions de l'empresa distribuïdora. Per tal de minimitzar aquest cost, és de l'interès de l'empresa agrupar les comandes, és a dir, en la mida del possible transportar el major número de paquets de manera conjunta, ja que és més fer un sol enviament encara que el paquet tingui un pes i unes dimensions majors que fer diversos enviaments petits.
- Cost d'estoc o financer: És el cost associat a mantenir un determinat producte a un magatzem, és a dir, el cost provocat perquè aquest material estigui ocupant un espai durant un període de temps. Aquest cost és el més subjectiu de calcular i cada empresa té una política diferent, de vegades és una taxa associada al cost d'adquisició, en altres ocasions les empreses calculen el cost d'estoc en funció de la superfície que ocupa el producte durant un temps concret, i fins i tot de vegades amb la relació entre la massa i la superfície.

### 3.4.1. Pressòstats

El proveïdor de pressòstats té una política comercial en la qual hi ha un preu base al qual se li aplica un descompte percentual independentment de la quantitat d'unitats que s'adquireixin en cada comanda. El cost d'adquisició és el resultat d'aplicar aquest descompte al preu base. La taula 3.4.1. mostra el resum dels preus base ( $C_B$ ) i els costos d'adquisició ( $C_A$ ) de les referències de pressòstats amb les quals es treballarà després d'aplicar el corresponent descompte.

S'ha de tenir en compte, a més a més, el cost de transport ( $C_T$ ) des del magatzem del proveïdor fins a les instal·lacions de l'empresa. Aquest cost de transport es calcula estimant una taxa ( $i_t$ ) amb valor de 5% del cost d'adquisició del producte, segons l'equació 3.4.1., donant com a resultat el cost anomenat *Delivered Duty Paid* ( $C_{DDP}$ ), aquest Incoterm indica que és el venedor qui assumeix els riscos i costos de l'enviament dels béns.

$$C_{DDP} = C_A + C_T = C_A \cdot (1 + i_t) \quad (\text{Eq. 3.4.1})$$

El cost associat a mantenir en estoc el material al magatzem de l'empresa ( $C_S$ ) es determina amb la taxa financera ( $i_s$ ), sent aquesta del 5% del  $C_{DDP}$ , segons l'equació 3.4.2.

$$C_S = C_{DDP} \cdot i_s \quad (\text{Eq. 3.4.2})$$

El cost total està expressat a l'equació 3.4.3.

$$\sum C_i = C_A + C_T + C_S = C_{DDP} \cdot (1 + i_s) \quad (\text{Eq. 3.4.3})$$

Per tal de calcular el preu de venda dels productes s'ha de tenir en compte la relació entre aquest preu de venda (PV) i els beneficis (B) nets que rep l'empresa per aquesta venda, aquesta relació s'anomena marge de contribució ( $M_c$ ), desenvolupada a l'equació 3.4.4,  $x_v$  és la variable de vendes, un factor amb l'objectiu de tenir en compte les fluctuacions en les vendes. Es pot comprovar doncs que la totalitat dels costos són assumits pel client.

$$M_c = \frac{B}{PV} = \frac{\text{Ingressos} - \sum C_i}{PV} = \frac{PV \cdot x_v - \sum C_i}{PV} \quad (\text{Eq. 3.4.3})$$

$$PV = \frac{\sum C_i}{x_v - M_c} \quad (\text{Eq. 3.4.4})$$

Referència	C <sub>B</sub> [€/unit.]	Descompte	C <sub>A</sub> [€/unit.]
<b>S.045</b>	10,5	30%	7,35
<b>S.052</b>	10,5	30%	7,35
<b>S.058</b>	10,5	30%	7,35
<b>S.079</b>	10,5	30%	7,35
<b>S.107</b>	28,15	30%	19,71
<b>S.110</b>	28,15	30%	19,71

**Taula 3.4.1.** Taula resum costos pressòstats (Font: Elaboració pròpia)

De manera complementària aquest proveïdor ofereix una sèrie de descomptes addicionals per quantitats els quals estan expressats a la taula 3.4.2. Aquests descomptes s'apliquen a un únic producte, és a dir, la política comercial del proveïdor no permet acumular unitats de diverses referències per aspirar a un descompte per quantitat. Un dels objectius d'aquest estudi és verificar l'aplicació d'aquests descomptes tenint en compte el consum de l'empresa, ja que amb el programa d'aprovisionament utilitzat fins ara no s'aconsegueix arribar a les quantitats estipulades.

Descompte addicional	Quantitat mínima [unitats]
<b>5%</b>	500
<b>10%</b>	1.000
<b>15%</b>	2.000

**Taula 3.4.2.** Taula resum descomptes addicionals (Font: Elaboració pròpia)

### 3.4.2. Cabalímetres

Aquest proveïdor també estableix un cost base i un descompte que dóna lloc al cost d'adquisició, com es mostra a la taula 3.4.3.

Referència	$C_B$ [€/unit.]	Descompte	$C_A$ [€/unit.]
<b>W.01</b>	3.249,00	55%	1.462,05
<b>W.02</b>	4.422,00	55%	1.989,9
<b>W.03</b>	1.220,00	55%	549,00
<b>W.04</b>	577,00	55%	259,65
<b>W.05</b>	646,00	55%	290,70
<b>W.06</b>	531,00	55%	238,95
<b>W.07</b>	1.402,00	55%	630,90

**Taula 3.4.3.** Taula costos cabalímetres (Font: Elaboració pròpia)

Pel que fa al cost de transport en aquest cas no es considera una taxa  $i_t$ , sinó que és una quantitat fixa ( $C_T$ ) que s'afegeix al cost d'adquisició per donar lloc al cost  $C_{DDP}$ .

Exactament igual que en el cas dels pressòstats el  $C_s$  es calcula tenint en compte la taxa  $i_s$  que en aquest cas serà del 2% del cost DDP, ja que es considera que aquests productes passen menys temps al magatzem encara que ocupin més espai.

Finalment, el preu de venda es calcula amb l'equació 3.4.4.

### 3.4.3. Acumuladors

Pel que fa als acumuladors, com ja s'havia comentat a l'apartat 3.2.3., es tracta d'un producte tipus MQ, per la qual cosa el proveïdor estableix una política de preus tenint en compte els diferents lots que es comercialitzen. S'ha de tenir en compte doncs, que sent un producte MQ en realitat es tracta d'una política de preus esglaonats, és a dir, depenent de la quantitat d'acumuladors que es demanin en cada comanda s'aplicarà un preu o un altre. Aquests preus estan resumits a la taula 3.4.4.

Pel que fa al transport, funciona de la mateixa manera que als pressòstats, és a dir amb una taxa  $i_t$  associada al cost d'adquisició unitari dels acumuladors, aplicant l'equació 3.4.1. s'obté el cost DDP. Aquesta taxa és del 10% ja que el pes i dimensions d'aquest producte són molt més grans que en els dos casos anteriors.

Tenint en compte l'equació 3.4.2. amb una taxa financera del 5% es calcula el cost d'estoc. Finalment, igual que en els apartats anteriors, el preu de venda es calcularia seguint l'equació 3.4.4.



Referència	C <sub>A</sub> [€/peça]		
	168 unitats	84 unitats	48 unitats
FI.01	18,41	19,80	21,17
FI.02	23,81	25,6	27,39
FI.03	25,42	27,33	29,24
FI.04	34,46	37,05	39,64
FI.05	42,53	45,73	48,93
FI.06	66,63	71,64	76,65
FI.07	72,28	77,72	83,16
FI.08	119,88	128,90	137,92

Taula 3.4.4. Taula costos acumuladors (Font: Elaboració pròpia)

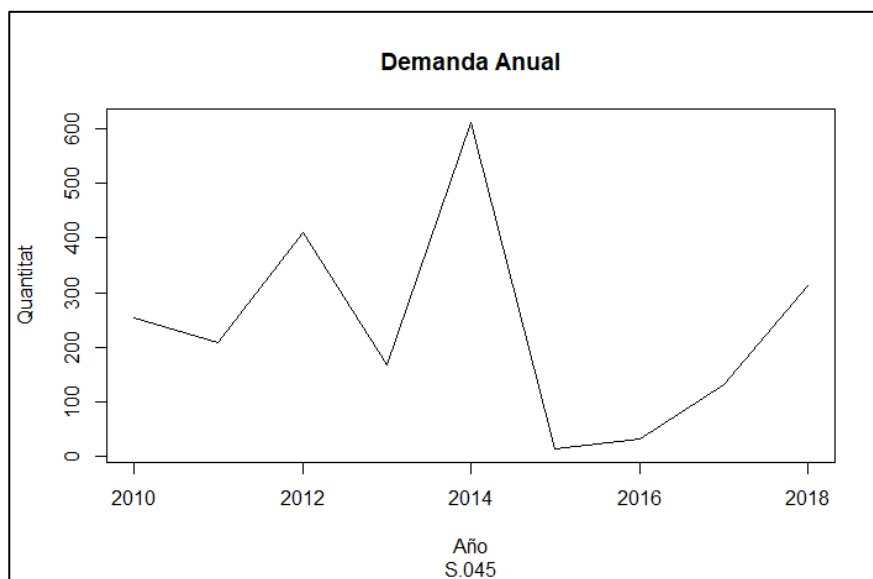
De fet el que s'observa a la taula anterior és que per cada augment en la quantitat del lot, hi ha un "descompte" en el C<sub>A</sub> del 7%, per tant es comprova el que s'havia dit anteriorment sobre la política de preus esglaonats del proveïdor.

### 3.5. Demanda

Per poder extreure les dades de la demanda s'utilitza l'EMS instal·lat a l'empresa des de l'any 2010. Aquest software permet extreure les dades que interessin a l'usuari en format de full de càlcul.

La demanda es pot definir com la quantitat d'un determinat producte que desitgen els consumidors. En aquest cas es pren com a "demanda" les dades mensuals de vendes per referència des de l'any que es va instal·lar l'EMS (2010) fins a l'últim any d'exercici (2018). El programa recull les dades en un fitxer de manera que, per cada mes assigna el número d'unitats d'una determinada referència que han comprat els diferents clients. Amb aquest mètode no hi ha manera de fer distincions a priori de com han sigut aquestes vendes. Aquest és un factor que influeix molt tenint en compte el tipus d'empresa, ja que les comandes grans es solen demanar a fàbrica directament perquè l'estoc que hi ha disponible al magatzem no cobreix aquestes comandes puntuals.

Aquestes dades es poden representar de manera gràfica, tal i com es veu a la figura 3.5.1. Aquest tipus de gràfica ajuda a analitzar alguns aspectes del comportament de l'evolució de la demanda com són l'estacionalitat i la tendència, els quals seran útils més endavant per fer previsions de la demanda. Pel que fa al cas concret d'aquesta figura, s'observen 2 pics de demanda molt clars (2012 i 2014), tres davallades en aquest nivell de demanda (2011, 2013 i 2015) i finalment sembla que la tendència en la demanda d'aquesta referència és creixent, tot i que s'analitzarà d'una manera més profunda per determinar exactament de quin tipus d'estacionalitat i tendència es tracta a l'apartat 4.2.



**Figura 3.5.1.** Demanda anual S.045 (Font: Elaboració pròpia)

### 3.6. Dimensionament de l'estoc mínim

A continuació es descriu el mètode utilitzat per l'empresa per tal de determinar-lo en funció de cada referència.

Quant al dimensionament de l'estoc mínim d'un determinat producte hi ha 3 indicadors que s'analitzen per tal de determinar aquest, els quals es descriuen a continuació.

Estoc físic: Fa referència a la quantitat del producte que hi ha disponible al magatzem.

Estoc mínim: És l'estoc mínim establert fins al moment de la nova avaluació, estableix el número mínim d'unitats del producte que suposadament hi hauria d'haver al magatzem per tal de cobrir les necessitats dels clients i no tenir ruptures d'estoc.

Vendes acumulades: Fa referència a les unitats del producte que s'han venut en un determinat període sense tenir en compte les distincions per comanda ni client.

Quan arriba el final d'un exercici (període d'un any natural), és a dir, finals de desembre, es re-dimensiona per totes les referències del sistema el seu estoc mínim per tal d'ajustar-ho el màxim possible. El procés que es descriu a continuació és aplicable al cas dels acumuladors i pressòstats, ja que en el cas dels cabalímetres l'estoc sempre ha de ser 1, per tant en quan es finalitza la venda d'una determinada referència es contacta amb fàbrica per adquirir un de nou.

Es poden diferenciar a grans trets tres casos. El primer serien les referències que no tenen definit un estoc mínim, aquests productes tenen característiques molt específiques o són fàcilment substituïbles per referències més estàndards, per la qual cosa no val la pena mantenir-los en estoc. Hi ha casos on el client insisteix a comprar aquella referència concreta i en aquest cas, ja se li avisa del termini d'entrega i la quantitat mínima de comanda.

Un altre cas es dona quan l'estoc mínim estipulat l'any anterior té un valor petit (entre 1 i 5 unitats), l'únic que s'ha de fer es comprovar que l'acumulat de vendes sigui semblant a l'estoc mínim determinat.

Finalment, està el cas de les referències més significatives, és a dir, amb un estoc mínim més gran. Dimensionar l'estoc mínim per aquestes referències és molt més delicat que en els casos anteriors, per això requereix d'una anàlisi més profunda. L'EMS permet desglossar per cada referència l'acumulat de vendes i d'aquesta manera revisar com han sigut les comandes al llarg de l'exercici. Amb l'ajut d'aquesta eina s'extreuen de l'acumulat de vendes les comandes grans i puntuals (sobretot en el cas dels pressòstats), també s'han de descomptar aquelles comandes on hi ha productes personalitzats (pre-carregats o tarats a una certa pressió) ja que aquests productes es demanen directament a fàbrica i no s'han de tenir en compte per l'estoc. Un cop es té l'acumulat de vendes "net", es divideix entre un enter segons el *lead time* determinat pel proveïdor. En el cas del fabricant dels pressòstats com que el termini d'entrega s'estableix en 8 setmanes (2 mesos) es divideix l'acumulat de vendes entre 3, l'equivalent a tenir un aprovisionament per 4 mesos, la qual cosa permet un marge de seguretat per tal d'evitar ruptures d'estoc. D'altra banda, si es tracta del proveïdor d'acumuladors, com que té un termini d'entrega més llarg, concretament de 16 setmanes, es divideix l'acumulat de vendes entre 2, amb l'objectiu d'assegurar el marge de seguretat esmentat. Per tant, es pot veure que la filosofia de treball estableix que com més gran sigui aquest temps de reposició, obliga a augmentar el llindar de l'estoc mínim per tal de mantenir el marge de seguretat, i per tant s'hauria de dividir per un enter més petit.

Es pot concloure doncs que l'estratègia de l'empresa consisteix a ajustar al màxim de l'estoc mínim i d'altra banda només mantenir en estoc aquells productes més estàndards que puguin cobrir les necessitats de més clients, per tant en la mida del possible només es guarden al magatzem aquells productes amb rangs de magnitud més amplis, rosques i connexions més estàndard. S'ha de tenir en compte, a més a més, que tot el procediment descrit anteriorment. es fa manualment, s'ha de fer la revisió referència a referència, la qual cosa requereix una inversió de temps, recursos humans i econòmics.

## 4. Tractament de dades

Les dades extretes de l'EMS són el que s'anomena *raw data*, és a dir les dades sense cap tipus de tractament. Aquestes dades proporcionaran informació elemental pel desenvolupament del projecte, però s'han d'organitzar de manera eficient amb l'objectiu d'associar aquestes dades a models i patrons estàndards amb els quals poder treballar.

Aquest apartat està dedicat a explicar de manera detallada el procediment seguit per tal d'aconseguir fer una previsió acurada de la demanda dels diferents productes.

### 4.1. Anàlisi exploratòria

Una anàlisi exploratòria de dades (*EDA: Exploratory Data Analysis*) és un enfocament de tractament de dades en el que intervenen un conjunt de tècniques, majoritàriament gràfiques, amb l'objectiu de que siguin les pròpies dades les que donin informació i acabin determinant quina estructura i model segueixen, en comptes d'assumir-los com es sol fer en altres tècniques de tractament de dades.

Aquesta manera de treballar s'escull tenint en compte la naturalesa de les dades, ja que a priori es desconeix completament el comportament (estacionalitat i tendència) que segueixen les demandes de les diferents referències. En definitiva, aquesta anàlisi serveix per maximitzar la visió que es té d'un conjunt de dades, ja que permet identificar les anomalies a les dades, les variables més importants i determinar l'estructura i model de les dades, entre d'altres.

Per poder fer una previsió de la demanda el més acurada possible, es farà una anàlisi de dades univariats gràfic. Fent servir una única variable (demanda en un determinat període de temps) es fa una anàlisi de la distribució gràfica d'aquesta variable. A l'apartat 4.2.2. es definirà a fons aquest mètode però es podria dir que és una adaptació del mètode gràfic quantil-normal. Aquest mètode serveix per estudiar de quina manera una determinada mostra s'adapta a una distribució teòrica particular.

Quant a les referències de pressòstats, en un principi hi ha 125 referències que tinguin determinat un estoc mínim, però es fa evident que és innecessari i inconvenient treballar amb tantes referències, per aquesta raó posteriorment es fa una anàlisi tipus ABC, la qual s'explica a continuació.

#### 4.1.1. Anàlisi ABC

Quan es reorganitza el pla d'aprovisionament d'una determinada empresa, no es fa l'estudi amb totes les referències que comercialitza aquesta empresa en qüestió. Sinó que s'analitzen aquelles referències

més importants i significatives, en definitiva aquelles referències que reporten majors beneficis per l'empresa.

Per tal de definir quines són aquestes referències s'ha de fer el que es coneix com a anàlisi ABC. Aquesta anàlisi és un mètode de categorització de l'inventari d'una empresa, el qual classifica les referències en 3 categories diferents, A, B i C.

Productes tipus A: Aquests productes són els més consumits pels clients. És en aquesta categoria on s'aplica la coneguda norma del 20/80 on només un 20% dels productes de l'inventari representen aproximadament el 80% de les vendes de l'empresa. Es fa evident que els esforços de les empreses s'han de focalitzar en aquests productes ja que són els que reporten la majoria dels beneficis, això implica portar un control d'estocs més ajustat amb controls de periodicitat més curta (s'han de fer més sovint) i una previsió de demanda molt acurada per evitar ruptures d'estoc.

Productes tipus B: Generalment anomenats "inter-classe" aquests productes representen un consum mig (entre 15 i 25% del consum anual total). Els esforços sobretot s'haurien de centrar en el monitoratge del canvi de categoria d'algun d'aquests productes tant cap al tipus A com cap al tipus C.

Productes tipus C: Són les referències menys consumides i a la vegada representen el volum més gran del total de productes que comercialitza l'empresa (al voltant d'un 50%). Típicament són els productes que tenen assignades 1 o 2 unitats com a estoc mínim, i per tant es considera acceptable una ruptura d'estoc per les referències dins aquesta classificació.

Com ja s'ha dit anteriorment s'aplica aquest mètode a les referències de pressòstats. Primerament, es fa una mitjana per les demandes de totes les referències en el període d'anys d'estudi, segons l'equació 4.1.1.

$$m_i = \frac{\sum_a^n d_a}{n - a} \quad (\text{Eq. 4.1.1.})$$

On  $m_i$  és la mitjana de la demanda d'una determinada referència  $i$ , mentre  $d_a$  és la demanda anual d'aquella referència des de l'any  $a$  (2010) fins l'any  $n$  (2018).

En una anàlisi ABC a banda de la demanda, també entra en joc la contribució als beneficis anuals que aporta cada referència, per tant s'aplica l'equació 4.1.2. On  $pv_i$  és el preu de venda de cadascun dels productes que comercialitza l'empresa.

$$c_i = m_i \cdot pv_i \quad (\text{Eq. 4.1.2.})$$

A continuació amb el suport del software estadístic R es procedeix a fer pròpiament l'anàlisi ABC, ja que aquest software té el paquet *ABCanalysis* incorporat i per tant amb una única funció facilita el càlcul d'aquest apartat.

El fragment de codi següent mostra com a la primera línia es construeix un vector anomenat `s_abc` el qual inclou els 125 paràmetres  $c_i$  calculats segons l'equació 4.1.2. A continuació amb la comanda *library* es crida el paquet *ABCanalysis* prèviament instal·lat a l'entorn. A la tercera línia es veu com s'introdueix el vector `s_abc` a la funció que retornarà els valors d'output de la funció. Finalment, es crida la funció `ABCanalysisPlot()` per tal d'imprimir el gràfic que es veu a la figura 4.1.1.

```
s_abc <- c(c1, c2,..., c125)
library(ABCanalysis)
ABCanalysis(s_abc)
ABCanalysisPlot(s_abc)
```

Aquesta funció retorna molts outputs. En aquest cas només interessa prendre la classificació que fa el sistema de les diferents referències dels productes, es fa una segona iteració del procediment, ja que la primera resolució establia 19 referències dins la classificació A (15,2% del total). La segona iteració determina que finalment es treballarà amb 6 referències de pressòstats (només les de la classificació A), les quals es mostren a continuació, segons l'output que retorna el programa.

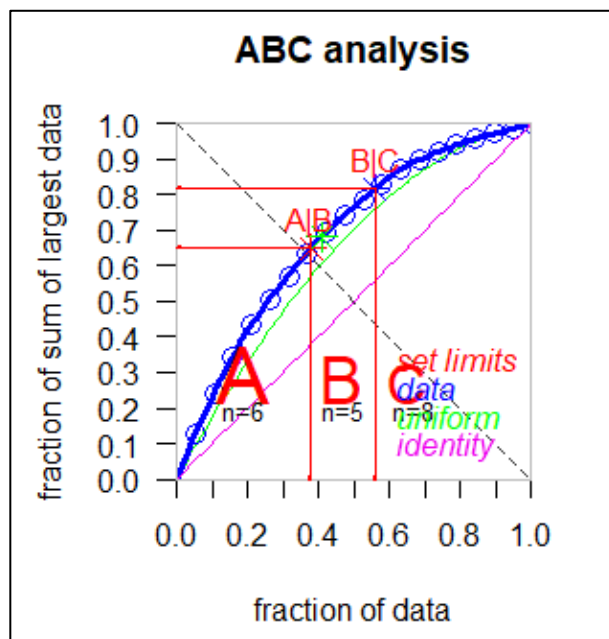
```
$Aind
[1] 3 5 8 11 15 16

$Bind
[1] 1 4 17 18 19

$Cind
[1] 2 6 7 9 10 12 13 14
```

Els índexs categoritzats dins la classificació A es corresponen a les referències S.045, S.052, S.058, S.079, S.107 i S.110 que seran amb les quals es treballarà, conjuntament amb les referències dels cabalímetres i els acumuladors.

Aquesta funció, retorna moltes més característiques del vector de dades introduït, com són els paràmetres gràfics com els límits entre les corbes de les categories de productes i punts característics de la corba ABC, per exemple el punt Pareto i punt *BreakEven*.



**Figura 4.1.1.** Corba ABC després de la segona iteració (Font: Elaboració pròpia)

A la gràfica 4.1.1. s'observen clarament els límits entre les categories de l'anàlisi, així com la distribució que té la mostra (corba blava) i la quantitat de referències dins cada categoria (representades amb la variable  $n$ ). Els eixos representen per una banda la fracció del volum anual de vendes, a l'eix de les ordenades, i el percentatge del total de dades a l'eix de les abscisses. Es pot observar que per aquest anàlisi els percentatges estàndard varien, ja que per exemple per la categoria A hi ha gairebé un 40% de referències del total de la mostra que representen un 65% del volum anual de vendes, quan hauria de seguir suposadament la norma del 20/80.

## 4.2. Previsió de la demanda

Per tal de fer una estimació de la demanda a futur, s'utilitzarà un mètode estadístic ja que les dades disponibles són sèries històriques de dades. Utilitzant dades del passat el que es pretén es determinar el ritme de creixement de vendes de les referències determinades.

Aquests mètodes serveixen per identificar estacionalitat, tendència, patrons cíclics (que es donen cada  $x$  anys) i com ja s'ha comentat abans el ritme de creixement del nivell de vendes d'aquestes referències.



#### 4.2.1. Alternatives considerades

A continuació s'expliquen a detall les diferents alternatives que han sigut ponderades per tal de fer una previsió acurada de la demanda pel següent any d'exercici, ja que el pla d'aprovisionament es farà a un any vista.

##### a) Projectió de tendències

També s'anomena mètode dels mínims quadrats. És el mètode més comunament utilitzat en el món dels negocis. Requereix una gran quantitat de dades per poder ser un mètode fiable ja que aquest mètode suposa que les tendències en la compra-venda es mantenen constants en el futur.

La seva robustesa es basa en el suport de tres mètodes complementaris incorporats en el procediment global.

- Regressió lineal → És un mètode gràfic on la representació de les dades històriques permet dibuixar una línia entre els punts representats.
- Tendència d'ajust → Utilitzant un mètode de mínim quadrats s'ajusta una línia de tendència (lineal o exponencial depenent del que s'hagi observat a les dades amb la regressió lineal) a la sèrie de dades històrica.
- Box-Jenkins → S'utilitza únicament per prediccions a curt termini. És útil especialment en els casos on es detecta que la sèrie de dades mostra variacions estacionals regulars.

A més a més, per a poder utilitzar aquest mètode s'han de fer uns càlculs previs introduint la tècnica de mitjanes mòbils simples i allisat exponencial, entre d'altres. Aquestes tècniques es descriuen a detall en el següent apartat.

##### b) Mètode baromètric

Aquest mètode també s'utilitza per determinar alguns indicadors econòmics, com l'estalvi, la inversió i els ingressos. Aquesta tècnica ajuda a determinar la tendència general de les activitats comercials, tenint en compte certs esdeveniments que tenen conseqüències en el sector d'una determinada empresa. El principal avantatge d'aquest mètode és que és aplicable fins i tot en absència de dades passades.

En el cas que ocupa aquest estudi seria aplicable en cas que es sàpigues que una de les empreses de la competència, per exemple un fabricant d'acumuladors, fa fallida. La demanda mundial d'acumuladors en principi es mantindria però aquest esdeveniment té implicacions

directes a l'empresa ja que probablement percebria un augment en la demanda d'aquest producte ja que hi ha menys oferta (desapareix un proveïdor).

#### c) Mètode economètric

És el mètode més sòlid i fiable ja que combina la teoria estadística amb la econòmica. Consisteix en dos mètodes explicats a continuació:

- Mètodes de regressió → Aquest mètode considera la predicció com a una funció on la demanda és la variable dependent i les variables que determinen la demanda són variables independents. Es pot discernir entre regressió simple quan només una variable afecta la demanda o regressió múltiple si la demanda es veu afectada per més d'una variable (normalment 2).
- Mètode d'equacions simultànies → Es tracta d'un conjunt d'equacions lineals simultànies. Es poden estimar aquests models equació per equació o bé utilitzant eines i mètodes més sofisticats.

Aquest mètode no s'ha tingut en compte ja que en el cas analitzat no hi ha cap variable que afecti la demanda, a primera vista sembla una dada molt aleatòria. És per això que no es podria construir una equació de regressió ja que no s'identifiquen variables independents.

#### d) Funcions del software R

Tots els mètodes fins ara plantejats, estaven pensats per basar-se amb el suport d'un full de càlcul. En canvi, aquesta alternativa pretén utilitzar el software R i els diferents paquets que incorpora per tal d'automatitzar el càlcul de l'estimació de la demanda.

Es tracta de diversos paquets molt complets que incorporen diverses eines, les quals faciliten la predicció de demandes per sèries uni-variades. Es descarta utilitzar aquesta opció en un principi ja que el que es pretén és indagar sobre les dades que es tenen i obtenir el màxim d'informació possible, ja que a priori no es sap quina estacionalitat o tendència segueixen les sèries de dades. No es descarta però utilitzar-la com a mètode comparatiu o utilitzar alguna de les funcions als paquets per calcular la demanda un cop es sàpiguen les característiques de la sèrie temporal.

### 4.2.2. Mètode I: Sèries temporals













Tenint en compte les dades disponibles i la naturalesa d'aquestes el mètode que finalment s'aplica a les dades és la projecció de tendències. Utilitzant eines esmentades anteriorment com les mitjanes mòbils i la regressió lineal.

#### Representació gràfica

El procediment parteix de representar gràficament les dades de les que es disposa, per tal de fer un estudi el més detallat possible es prenen les dades de vendes mensuals ja que en ser el període de temps més curt disponible aporta més dades, concretament 12 observacions, que no pas una anàlisi trimestral, la qual aportaria 4 observacions per any, o una anàlisi anual que aportaria una observació per any únicament.

Per tant, en un full de càlcul s'ordenen les 108 observacions, 12 dades mensuals en un període de 9 anys. Al gràfic obtingut es sobreposen les dues corbes de mitjanes mòbils per tal d'identificar quina estacionalitat segueix la referència analitzada en cada cas.

L'objectiu d'aquesta primera representació és esbrinar quina tendència i estacionalitat segueix el producte del qual s'analitzen les dades. Un exemple il·lustratiu de les diferents tendències i estacionalitats, juntament amb les respectives combinacions, que poden aparèixer quan s'està fent l'anàlisi és la figura 4.2.1. Aquesta figura mostra, en forma de taula, les diferents combinacions que existeixen de tendència amb estacionalitat.

	Nonseasonal	Additive Seasonal	Multiplicative Seasonal
Constant Level (SIMPLE)	 NN	 NA	 NM
Linear Trend	 LN	 LA	 LM
Damped Trend (0.95)	 DN	 DA	 DM
Exponential Trend (1.05)	 EN	 EA	 EM

**Figura 4.2.1.** Models de sèries temporals en funció de l'estacionalitat i la tendència

(Font: <http://www.simafore.com>)

### Identificació del model

Segons s'ha explicat anteriorment, el que es busca és determinar quin dels models representats a la figura 4.2.1. és el que més s'adapta a la corba de vendes representada. Per aquesta raó té sentit representar les mitjanes mòbils que es calculen sobre aquesta corba.

Les mitjanes mòbils, en aquest cas simples, serveixen per suavitzar la corba de dades original, de manera que puguin destacar els pics i valls, és a dir els cicles a llarg termini, restant importància a les que es donen a curt termini. Es calculen dues mitjanes mòbils diferents, la primera s'utilitzarà en cas de detectar estacionalitats additives i es calcula segons l'equació 4.2.1. i en canvi la segona, utilitzada per estacionalitats multiplicatives es calcula fent servir l'equació 4.2.2.

$$MM_t^1 = \frac{\sum_t^z x_t}{n} \quad (\text{Eq. 4.2.1.})$$

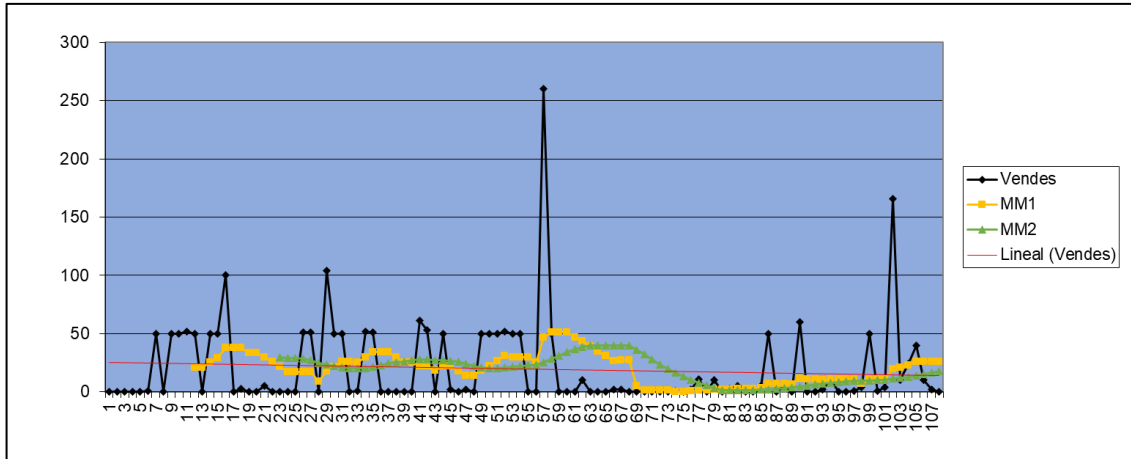
$$MM_t^2 = \frac{\sum_t^z MM_t}{n} \quad (\text{Eq. 4.2.2.})$$

Tenint en compte que es tracta d'observacions mensuals  $n$  tindrà un valor de 12, ja que en un període d'exercici (1 any) hi ha 12 terminis mensuals. Per altra banda, a l'equació 4.2.1.,  $x$  fa referència a les unitats de la referència que s'estigui analitzant en cada cas venudes al mes  $t$ , com que cada mitjana mòbil es calcula per un període de 12 mesos, sempre s'ha de complir la relació establerta a l'equació 4.2.3.

$$n = z - t \quad (\text{Eq. 4.2.3.})$$

Un cop es representen les corbes amb totes les mitjanes mòbils que s'han calculat, es detecta si existeix semblança entre els models de l'apartat anterior i els resultats obtinguts. Tal i com es mostra a la figura 4.2.2.

Analitzant aquesta figura ja es pot veure que per aquesta referència en concret, S.045, no existeix estacionalitat. Més endavant comprovant-ho amb la resta de referències s'observa exactament el mateix. Tot i així es continua amb aquest mètode per saber quins són els resultats en els que finalment convergeix.



**Figura 4.2.2.** Representació gràfica de les vendes i les mitjanes mòbils S.045 (Font: Elaboració pròpia )

### Regressió lineal

El següent pas en el procés de previsió de la demanda és aplicar la tècnica de regressió lineal a totes les corbes obtingudes a l'apartat anterior, és a dir calcular els paràmetres  $a$  i  $b$ , tant per la corba de vendes com per les mitjanes mòbils, segons les equacions 4.2.4. i 4.2.5. Utilitzant el full de càlcul, aquestes dues equacions es veuen substituïdes per la funció *ESTIMACION.LINEAL()*.

$$a = \frac{\sum_i^n t_i}{n} - b \cdot \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (\text{Eq. 4.2.4.})$$

$$b = \frac{n \cdot (\sum_i^n x_i \cdot t_i) - \sum_i^n x_i \cdot \sum_i^n t_i}{n \cdot (\sum_i^n x_i^2) - (\sum_i^n x_i)^2} \quad (\text{Eq. 4.2.5.})$$

On  $x$  representa el valor de les vendes a cada mes, i  $t$  és el número assignat a cada observació, que en aquest cas va de l'1 al 108, com ja s'ha dit anteriorment.

A més a més, el valor del terme independent  $a$  s'ha de corregir pel cas de les mitjanes mòbils. De manera que, en el cas de  $MM_1$  s'utilitza l'equació 4.2.6. i l'equació 4.2.7. en el cas d' $MM_2$ .

$$a = a' + b \cdot \frac{n-1}{2} \quad (\text{Eq. 4.2.6.})$$

$$a = a' + b \cdot (n - 1) \quad (\text{Eq. 4.2.7.})$$

Finalment la funció que defineix la regressió lineal és l'expressada a l'equació 4.2.8.

$$f(t) = a' + b \cdot t \quad (\text{Eq. 4.2.8.})$$

#### Càlcul dels coeficients d'estacionalitat

Fent us de la funció de regressió lineal que s'acaba de determinar, s'ajusten a ella totes les observacions. Amb el valor desestacionalitzat calculat, al qual s'anomenarà  $y$ , es calculen els  $t$  coeficients d'estacionalitat segons l'equació 4.2.9. en cas que es tracti d'estacionalitat additiva o l'equació 4.2.10. en el cas d'estacionalitat multiplicativa.

$$c_t = x_t - (a' + b \cdot t) = x_t - y_t \quad (\text{Eq. 4.2.9.})$$

$$c_t = \frac{x_t}{(a' + b \cdot t)} = \frac{x_t}{y_t} \quad (\text{Eq.4.2.10.})$$

#### Correcció de coeficients

L'objectiu però no es determinar  $t$  (108) coeficients d'estacionalitat, ja que l'estimació de demanda es farà per  $n$  (12) períodes. Per la qual cosa primerament es determinen els  $n$  coeficients únics com a mitjana dels corresponents coeficients  $t$  de cada període  $n$ . És a dir, si es pretén calcular el primer coeficient únic, que es correspon al mes de gener, el que s'haurà de fer és una mitjana de tots els coeficients  $t$  dels geners en els 9 anys que s'estan avaluant. L'equació 4.2.11. expressa aquest procediment.

$$C. U. _i = \frac{\sum_{t=i}^{i+99} C_t}{9} \quad (\text{Eq.4.2.11.})$$

L'expressió  $i+99$  es demostra:

$$c_i + c_{i+11} + c_{i+22} + c_{i+33} + c_{i+44} + c_{i+55} + c_{i+66} + c_{i+77} + c_{i+88} + c_{i+99} = \sum_{t=i}^{i+99} c_t$$

Un cop s'han calculat els 12 coeficients únics (C.U.) es procedeix a corregir els coeficients d'estacionalitat per aconseguir una primera estimació d'aquests. La correcció pel cas de l'estacionalitat additiva s'expressa mitjançant l'equació 4.2.12. i per estacionalitat multiplicativa s'utilitza l'equació 4.2.13.

$$C_{ti}' = C.U._i - \frac{\sum_i^n C.U._i}{n} \quad (\text{Eq.4.2.12.})$$

$$C_{ti}' = C.U._i \cdot \frac{n}{\sum_i^n C.U._i} \quad (\text{Eq.4.2.13.})$$

### Desestacionalització

Amb els coeficients d'estacionalitat que s'acaben de calcular es desestacionalitzen les t observacions de la sèrie, el que es pretén es eliminar les fluctuacions provocades per l'estacionalitat determinada inicialment. Aquesta nova sèrie desestacionalitzada Z(t) es calcula segons l'equació 4.2.14. si es tracta d'una estacionalitat additiva o l'equació 4.2.15. quan s'ha identificat una estacionalitat multiplicativa. On a cada valor de vendes x se li resta o es divideix entre el corresponent coeficient d'estacionalitat i, depenent del mes de l'any del qual es tracti.

$$z_t = x_t - C_{ti}' \quad (\text{Eq.4.2.14.})$$

$$z_t = \frac{x_t}{C_{ti}'} \quad (\text{Eq.4.2.15.})$$

### Procés iteratiu

La sèrie Z(t) dona lloc a uns nous components a i b, els quals es calculen amb les equacions 4.2.4 i 4.2.5. exactament com s'ha explicat anteriorment. S'aplica una nova regressió sobre els valors de la sèrie Z(t), obtenint així t nous coeficients d'estacionalitat que s'hauran de corregir.

Es pot veure doncs, que aquest és un procés iteratiu, el qual queda il·lustrat amb la figura 4.2.3.



**Figura 4.2.3.** Esquema del procés iteratiu per la previsió de la demanda (Font: Elaboració pròpia)

Aquest procés es repeteix fins que la diferència entre els valors dels coeficients d'estacionalitat de dues iteracions consecutives sigui  $\leq 10^{-3}$ . Alhora d'aplicar aquest mètode s'ha observat que en els casos d'estacionalitat additiva cal fer menys iteracions que en els casos on es detecta estacionalitat multiplicativa, concretament el doble.

En el cas de l'estacionalitat additiva els resultats triguen menys en convergir i amb 5 iteracions n'hi ha prou per obtenir una diferència entre iteracions consecutives  $\leq 10^{-3}$ . En el cas de l'estacionalitat multiplicativa triga més en convergir i per tant s'han de fer el doble d'iteracions (en els casos d'algunes referències inclús més) per tal d'arribar a l'objectiu de diferència establert. A més a més, en el cas de les referències W i FI ha sigut impossible fer una estimació tenint en compte l'estacionalitat multiplicativa ja que moltes de les dades a les sèries són 0, i per tant molts dels coeficients resulten ser 0 i alhora de fer la recta d'ajust apareixen indeterminacions.

#### Correcció final

Una vegada s'han obtingut els  $n$  coeficients d'estacionalitat corregits es procedeix a corregir els coeficients  $a$  i  $b$  per tal de construir una nova recta de regressió pel càlcul final de demanda prevista. Aquestes correccions es calculen mitjançant les equacions que es mostren a continuació, les dues primeres per estacionalitat additiva i les dues últimes per estacionalitat multiplicativa. On  $a$  i  $b$  són els coeficients calculats amb la penúltima iteració.





	S.045		S.052		S.058		S.079		S.107		S.110	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
GEN 2019	65,6090445	57,4576683	89,024458	66,0765163	75,2608459	99,2121146	72,347884	43,4358424	53,4255554	19,8619368	64,5414262	37,798985
FEB 2019	78,4967979	58,8715586	87,4683304	66,7392873	91,0380779	100,328629	77,6802154	44,8759222	54,6230513	19,715196	59,9683548	38,1374618
MAR 2019	81,7201556	59,3769146	82,9133469	66,8776786	77,2608459	100,442788	67,5701062	44,3671974	55,5366665	18,8320809	62,2080929	38,3163612
ABR 2019	77,1646001	59,9166454	84,3577913	67,5111453	92,0386237	102,174724	70,6812173	44,6144457	50,3144443	18,2482724	60,4303151	38,0969225
MAIG 2019	84,9423778	60,3762254	85,024458	67,9851929	78,0386237	102,263613	72,6812173	44,6572607	52,0922221	18,8856476	60,5414262	39,1652297
JUNY 2019	102,1646	60,9727439	89,8022357	68,7161476	101,483068	104,711195	75,4589951	45,7428309	48,2033332	18,3156121	58,8747596	38,6027894
JUL 2019	72,9423778	61,3514537	88,8022357	69,2312485	76,371957	103,959967	80,5701062	46,1725872	50,981111	18,8513675	62,2080929	39,2342476
AGO 2019	67,6090445	60,9641243	65,2466802	68,6473513	70,1497348	104,564922	74,1256618	46,0125035	50,981111	18,8075113	52,5414262	38,5751362
SET 2019	99,7201556	62,9507839	110,24668	70,7155068	80,4830681	105,715092	77,5701062	46,5372403	53,4255554	19,4172084	58,6525373	39,6655568
OCT 2019	79,0534889	62,8548307	91,1355691	70,4252606	102,816401	107,891796	89,5701062	47,7758294	51,3144443	19,2398221	60,2080929	39,6985267
NOV 2019	71,2757112	63,1085805	106,913347	71,602671	93,9275126	107,565481	77,1256618	47,235954	51,3144443	19,5005334	57,319204	40,2820711
DEC 2019	64,9423778	63,2586736	73,5800135	70,7535917	82,8164015	108,5177	69,347884	47,35807	52,2033332	19,6326425	51,8747596	39,8119175

Taula 4.2.1. Taula previsió demanda per referències S amb el mètode I (Font: Elaboració pròpia)

	W.01		W.02		W.03		W.04		W.05		W.06		W.07	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
GEN 2019	1,87944832		0,76123194		-0,014218		0,60209179		2,23109092		0,73789136		2,38075914	
FEB 2019	1,66008927		0,65132476		0,2077721		0,49168414		2,23481105		0,73925782		2,38496219	
MAR 2019	1,54611499		0,65012083		-0,014218		0,49098068		2,11997981		0,73789136		2,26964803	
ABR 2019	1,6572261		0,65012083		-0,1253291		0,37986957		2,11997981		0,73789136		2,49187025	
MAIG 2019	1,87944832		0,87234305		-0,014218		0,7132029		2,0088687		0,73789136		2,49187025	
JUNY 2019	1,76833721		0,65012083		0,20800419		0,60209179		2,11997981		0,84900247		2,60298136	
JUL 2019	1,54611499		0,65012083		-0,014218		0,60209179		2,34220203		0,84900247		2,38075914	
AGO 2019	2,32389276		0,76123194		-0,1253291		0,49098068		2,11997981		0,73789136		2,60298136	
SET 2019	1,54611499		0,65012083		-0,1253291		0,82431402		2,0088687		0,73789136		2,49187025	
OCT 2019	1,6572261		0,65012083		0,09689308		0,37986957		2,23109092		0,96011358		2,9363147	
NOV 2019	1,6572261		0,98345416		-0,1253291		0,37986957		2,11997981		0,84900247		2,26964803	
DEC 2019	1,6572261		0,65012083		-0,014218		0,49098068		2,67553537		0,73789136		2,49187025	

Taula 4.2.2. Taula previsió demanda per referències W amb el mètode I (Font: Elaboració pròpia)

	FI.01		FI.02		FI.03		FI.04		FI.05		FI.06		FI.07		FI.08	
	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
GEN 2019	56,386486		59,474977		74,370379		57,575134		60,671893		56,109077		39,494947		50,981134	
FEB 2019	56,041317		59,914746		61,481764		57,790396		58,21861		61,095081		40,456975		50,295708	
MAR 2019	54,053152		59,919422		73,037046		58,130689		59,005226		60,886855		40,717169		50,092245	
ABR 2019	54,164263		58,474977		68,370379		57,352912		57,560782		56,997966		40,161614		50,870023	
MAIG 2019	54,164263		59,363866		83,814823		56,686245		59,449671		59,553521		40,050503		57,870023	
JUNY 2019	54,164263		59,586088		77,037046		57,686245		59,116337		57,775744		40,606058		50,870023	
JUL 2019	54,164263		65,474977		68,814823		57,130689		56,671893		56,775744		42,383836		49,981134	
AGO 2019	54,275375		57,80831		64,814823		58,019578		55,783004		54,775744		39,717169		50,092245	
SET 2019	54,942041		70,252755		76,814823		61,797356		65,005226		64,44241		41,383836		49,981134	
OCT 2019	65,942041		61,141644		90,259268		57,352912		69,227449		59,331299		42,939392		54,203356	
NOV 2019	53,719819		59,919422		76,037046		58,352912		56,449671		55,44241		40,82828		52,203356	
DEC 2019	55,386486		65,141644		75,148157		67,464023		57,33856		54,553521		40,161614		49,981134	

**Taula 4.2.3.** Taula previsió demanda per referències FI amb el mètode I (Font: Elaboració pròpia)

### Errors

Per estimar que tan bona és l'aproximació de la previsió segons el mètode utilitzat el que es fa es ajustar els valors de les 108 observacions amb els coeficients  $a'$ ,  $b'$  i  $C_{ti}$  que s'han trobat després de la correcció final. Un cop es té el valor que suposadament correspondria a cada identificador es calcula l'error quadràtic, és a dir el quadrat de la diferència entre el valor real ( $Obs_i$ ) i el valor que s'acaba de calcular ( $Vprev_i$ ), i per obtenir el percentatge d'aquesta diferència respecte el valor real es fa servir l'equació 4.2.20.

$$Error_i = \frac{Obs_i - Vprev_i}{Obs_i} \cdot 100 \quad (Eq.4.2.21.)$$

Els resultats obtinguts representen errors que estan en un marge d'entre 6 i 6429% en el cas de l'estacionalitat additiva i 6 i 5300% en el cas d'estacionalitat multiplicativa, a banda dels càlculs que generen indeterminacions quan el valor de l'observació inicial és 0. Evidentment aquests marges són inacceptables pels valors amb els quals s'està treballant i les previsions obtingudes, per la qual cosa no s'accepten com a vàlids els resultats obtinguts utilitzant aquest mètode.

### Conclusions

Arribats a aquest punt es pot veure que aquest mètode no és adient pel tipus de dades amb les quals s'està treballant, la qual cosa ja s'havia intuït amb la representació gràfica de la sèrie amb les mitjanes mòbils, on hi havia una clara manca de temporalitat. L'elevat resultat dels errors obtinguts confirma la invalidesa d'aquests resultats, per tant s'ha de buscar una alternativa a l'estimació de la demanda.

A més a més portar a terme aquest procés serveix per descartar algunes referències, és a dir reduir el ventall de productes del qual es dissenyarà el pla d'aprovisionament. Tot i que aquest no és el mètode d'anàlisi adient per aquestes sèries, si s'observa la taula 4.2.2. es pot veure que la previsió per les referències W.02, W.03, W.04 i W.06 és que en cap mes de l'any 2019 la demanda arriba a la unitat (inclús hi ha casos amb demanda negativa), per tant no té sentit seguir analitzant aquests productes.

### **4.2.3. Mètode II: Allisat Exponencial**

Amb la intenció de fer una predicció de la demanda més acurada que amb el mètode anterior, es recorre a utilitzar el recurs del software R com a eina de càlcul. Com ja s'ha dit anteriorment, aquest software incorpora diversos paquets que serveixen per tractar sèries de dades i fer previsions de futur, en aquest cas concret s'utilitza el paquet *forecast* en el qual s'apliquen la funció *ets()* i *forecast()*.

### Metodologia

```
library(forecast)
dades_demanda <- c(d1,d2,...,d108)
fit<-ets(dades_demanda)
fit
prev<-forecast(fit, h=12)
prev
plot(prev)
```

El que es mostra és el codi utilitzat a Rstudio, on primerament es crida el paquet *forecast* que incorpora les dues funcions que s'utilitzaran per poder calcular la demanda de cada referència l'any 2019. Per a cada referència analitzada es crea un vector amb les 108 observacions de demanda des del gener de 2010 fins al desembre de 2018 anomenat *dades\_demanda*. A continuació es crida la funció *ets()* que ajusta les dades a un model d'estat d'espai d'allisat exponencial (Exponential Smoothing State Space Model) aplicat a la sèrie de dades que s'introdueix. El resultat d'ajustar el vector *dades\_demanda* a la funció *ets()* es guarda a la variable *fit*, la qual es crida a la quarta línia. Seguidament es crida la funció *forecast()* a la qual s'introdueix un primer paràmetre que serà la variable *fit* i en segon lloc la variable *h* que defineix el nombre de paràmetres dels quals s'ha de fer la predicció (en aquest cas 12), es guarda el resultat d'aquesta predicció a la variable *prev*, i a la sisena línia es crida la variable per veure els resultats. Finalment es crida la funció *plot()*, i introduint la variable *prev* el programa imprimeix el gràfic d'aquesta predicció a continuació de les dades del vector *dades\_demanda*.

<p>ETS(A,N,N)</p> <p>Call: ets(y = dades_demanda)</p> <p>Smoothing parameters: alpha = 1e-04</p> <p>Initial states: l = 19.8294</p> <p>sigma: 36.9942</p> <p>AIC      AICC      BIC 1289.576 1289.806 1297.622</p>	<p>ETS(A,A,N)</p> <p>Call: ets(y = dades_demanda)</p> <p>Smoothing parameters: alpha = 3e-04 beta = 1e-04</p> <p>Initial states: l = 11.7696 b = 0.1109</p> <p>sigma: 17.3698</p> <p>AIC      AICC      BIC 1128.217 1128.805 1141.627</p>
--	--

El que es mostra són els resultats que retorna la funció *ets()* en introduir primerament les dades de la demanda de la referència S.045 i a la banda dreta els de la referència S.079. El primer concepte que retorna la funció *ets()* és el tipus de model que segueix la sèrie de dades analitzada. El model s'identifica amb tres lletres, la primera indica el tipus d'error ("A" o "M"), la segona fa referència al tipus de tendència ("N", "A" o "M") i la última representa el tipus d'estacionalitat ("N", "A" o "M"). Per a tots els casos "N" equival a nul·la, "A" és additiva i "M" vol dir multiplicativa. A continuació apareixen els paràmetres de l'allisat exponencial i els de l'estat inicial, així com el valor de sigma que són els que s'utilitzen en les equacions que defineixen l'allisat exponencial. Finalment, apareixen els criteris d'informació, aquests criteris indiquen que tan acurada és l'ajust de la sèrie de dades al model triat, sent el valor "-INF" el que indica que no hi ha cap predicció o model més acurat que el que s'està utilitzant.

La major part de les referències analitzades donen com a resultat un ajust a models tipus “ANN” és a dir, models on no hi ha temporalitat ni tendència, la qual cosa corrobora el que ja s’havia observat amb el mètode anterior respecte la manca d’estacionalitat i com la tendència es manté constant. Únicament les referències S.079 i FI.03 presenten un ajust a un model diferent, en ambdós casos “AAN”, per tant si que existeix una tendència de tipus additiva però segueix sense detectar temporalitat.

Per aquesta raó es passa a utilitzar la funció `ses()` que és la corresponent a l’allisat exponencial simple. En el mètode anterior (mitjanes mòbils) les observacions anteriors tenien el mateix pes, en canvi quan s’utilitza l’allisat exponencial, a les observacions anteriors se’ls hi assigna un pes exponencialment decreixent, tal i com es mostra a les equacions següents on s’expressa la sortida a l’allisat exponencial a partir dels coeficients i el valor d’observació  $x_t$ , on  $\alpha$  és el factor d’allisat i té un valor comprès entre 0 i 1.

$$s_0 = x_0 \quad (\text{Eq.4.2.22.})$$

$$s_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot s_{t-1} \quad (\text{Eq.4.2.23.})$$

```
library(forecast)
dades_demanda <- c(d1,d2,...,d108)
fit<-ses(dades_demanda, h=12)
plot(fit)
```

En aquest cas ja no és necessari cridar la funció `forecast()` perquè la funció `ses()` ja dóna directament els resultats de l’estimació de la demanda pel número de períodes que s’indiquin amb la variable  $h$ , que en aquest cas serà 12, un resultat per cada mes de l’any 2019.

### Resultats

Tenint en compte que els resultats mensuals de la previsió de la demanda són constants o gairebé constants per totes les referències es decideix fer el pla d’aprovisionament a partir de la demanda anual. Per la qual cosa es fan dos càlculs, primerament es calcula la demanda anual com a sumatori arrodonit de cadascuna de les demandes mensuals, de manera alternativa es fa el mateix procés explicat anteriorment amb R però amb les demandes anuals. Els resultats obtinguts es mostren a continuació.

	S.045	S.052	S.058	S.079	S.107	S.110
GEN 2019	19,82925	6,449966	19,37735	22,80947	5,444853	9,265578
FEB 2019	19,82925	6,449966	19,37735	22,90924	5,444853	9,265578
MAR 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,00901	5,444853	9,265578
ABR 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,10878	5,444853	9,265578
MAIG 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,20855	5,444853	9,265578
JUNY 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,30832	5,444853	9,265578
JUL 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,40809	5,444853	9,265578
AGO 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,50786	5,444853	9,265578
SET 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,60763	5,444853	9,265578
OCT 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,7074	5,444853	9,265578
NOV 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,80716	5,444853	9,265578
DEC 2019	19,82925	6,449966	19,37735	23,90693	5,444853	9,265578
<b>ANUAL</b>	<b>238</b>	<b>78</b>	<b>233</b>	<b>281</b>	<b>66</b>	<b>112</b>

**Taula 4.2.4.** Taula previsió demanda per referències S amb el mètode II a partir de les dades mensuals  
(Font: Elaboració pròpia)

	W.01	W.05	W.07
GEN 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
FEB 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
MAR 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
ABR 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
MAIG 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
JUNY 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
JUL 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
AGO 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
SET 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
OCT 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
NOV 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
DEC 2019	0,2812664	0,1852148	0,3472435
<b>ANUAL</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Taula 4.2.5.** Taula previsió demanda per referències W amb el mètode II a partir de les dades mensuals  
(Font: Elaboració pròpia)

	FI.01	FI.02	FI.03	FI.04	FI.05	FI.06	FI.07	FI.08
GEN 2019	2,449688	5,111209	32,95953	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
FEB 2019	2,449688	5,111209	33,32912	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
MAR 2019	2,449688	5,111209	33,69871	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
ABR 2019	2,449688	5,111209	34,06829	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
MAIG 2019	2,449688	5,111209	34,43788	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
JUNY 2019	2,449688	5,111209	34,80747	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
JUL 2019	2,449688	5,111209	35,17705	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
AGO 2019	2,449688	5,111209	35,54664	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
SET 2019	2,449688	5,111209	35,91623	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
OCT 2019	2,449688	5,111209	36,2858	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
NOV 2019	2,449688	5,111209	36,6554	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
DEC 2019	2,449688	5,111209	37,02499	3,128284	5,354802	10,85576	2,53174	1,980091
<b>ANUAL</b>	<b>30</b>	<b>62</b>	<b>420</b>	<b>38</b>	<b>65</b>	<b>131</b>	<b>31</b>	<b>24</b>

**Taula 4.2.6.** Taula previsió demanda per referències FI amb el mètode II a partir de les dades mensuals  
(Font: Elaboració pròpia)

	S.045	S.052	S.058	S.079	S.107	S.110
	237,9455	72,3468	237,9957	195,7676	65	119,1126
2019	238	73	238	196	66	120

**Taula 4.2.7.** Taula previsió demanda per referències S amb el mètode II a partir de les dades anuals  
(Font: Elaboració pròpia)

	W.01	W.05	W.07
	3,922394	2,222432	3,0002
2019	4	3	4

**Taula 4.2.8.** Taula previsió demanda per referències W amb el mètode II a partir de les dades anuals  
(Font: Elaboració pròpia)

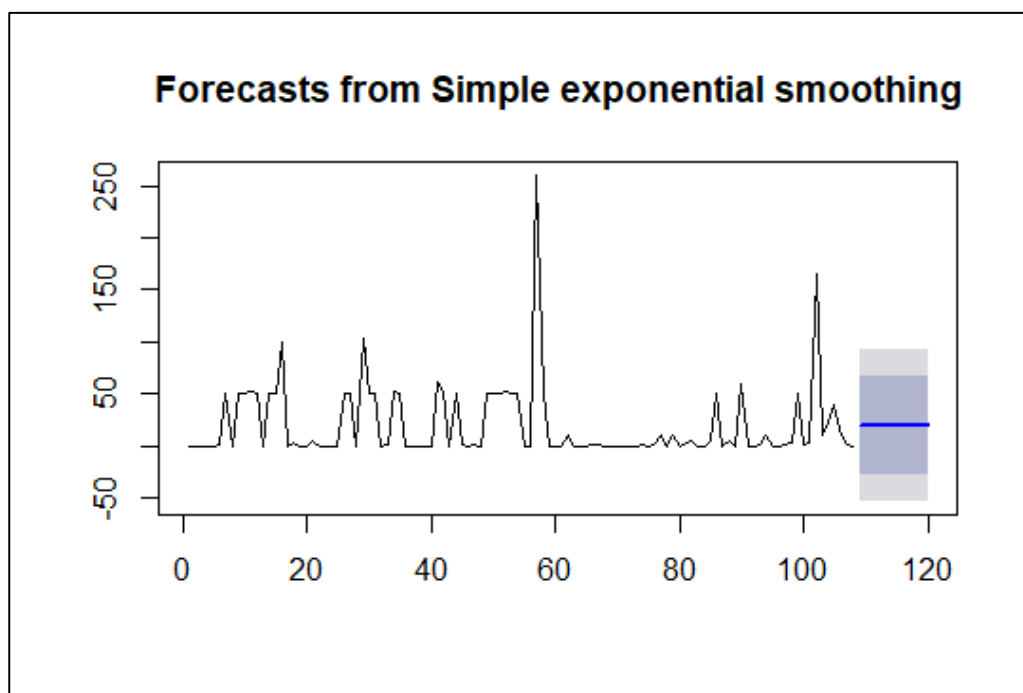
	FI.01	FI.02	FI.03	FI.04	FI.05	FI.06	FI.07	FI.08
	23,66543	49,44488	281,686	30,2197	51,72088	129,684	41,9983	26,10459
2019	24	50	282	31	52	130	42	27

**Taula 4.2.9.** Taula previsió demanda per referències FI amb el mètode II a partir de les dades anuals  
(Font: Elaboració pròpia)

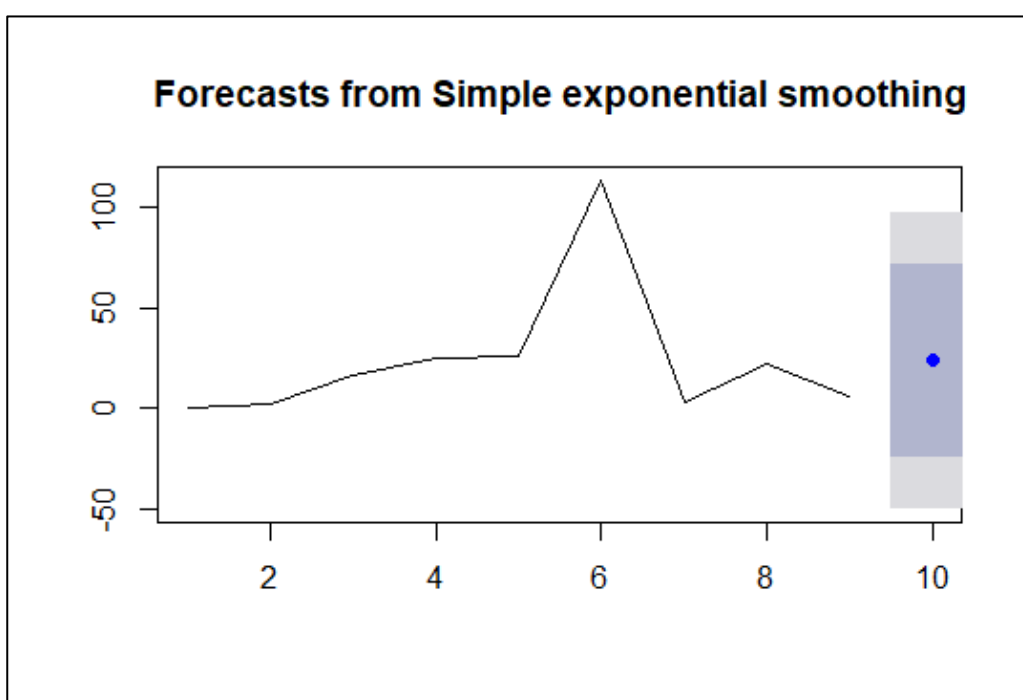
Dels resultats obtinguts s'observa que la major diferència entre els dos mètodes de càlcul es dona en les referències S.079 i FI.03, en les quals s'havia detectat una tendència additiva amb les 108 observacions, tot i que en reduir la quantitat de dades a analitzar és probable que R no detecti aquesta tendència i per això es dona un 44 i 49% de diferència entre els valors calculats, respectivament. D'altra banda també s'observa que les referències FI presenten grans diferències entre els valors calculats a partir de les demandes mensuals i anuals. Finalment, es pot veure que tot i que les referències W tenen una gran aportació econòmica a la facturació global de l'empresa, el volum de vendes no és significatiu i per tant es pot considerar que la política d'aprovisionament utilitzada fins ara és correcta.

Finalment, a mode de comprovació i per tenir una confirmació gràfica s'escriu la comanda plot(prev) per tal de veure els resultats que ha obtingut R amb la funció ses(). A continuació hi ha un exemple de la referència S.045 on es veu representada la sèrie de dades i a l'últim tram l'estimació obtinguda, aquest resultat és una línia recta pel que s'ha comentat de manera reiterada, la manca d'estacionalitat i la tendència constant provoquen que la predicció per a 2019 sigui una demanda constant. També s'ha afegit l'exemple de la previsió anual per la referència FI.01. En ambdós casos es poden veure que la fluctuació en la demanda és gairebé aleatòria, per tant confirma la manca d'estacionalitat i tendència.





**Figura 4.2.4.** Representació gràfica de la previsió de la demanda mensual mitjançant R de la referència S.045  
(Font: Elaboració pròpia)



**Figura 4.2.5.** Representació gràfica de la previsió de la demanda anual mitjançant R de la referència FI.01  
(Font: Elaboració pròpia)

### Conclusions

Es considera que els resultats de previsió mensuals no són del tot realistes, ja que com es veu amb la sèrie de dades analitzada la demanda no és constant, però donada la naturalesa de les dades es prendran els resultats obtinguts com a vàlids.

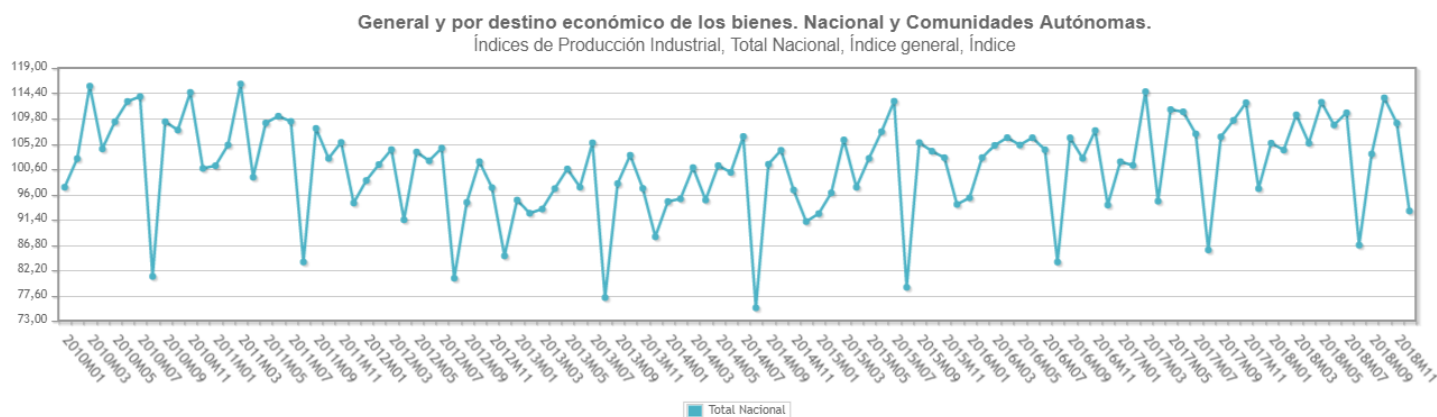
Es treballarà amb els resultats obtinguts a partir de les dades anuals, ja que es consideren més acurats, tot i que per l'anàlisi de sensibilitat i alguna variació de la planificació de l'aprovisionament es consideraran els resultats de l'estimació mensuals.

#### **4.2.4. Mètode III: Regressió lineal segons l'IPI.**

D'altra banda, mitjançant estudis que s'han fet en anys anteriors respecte la facturació de l'empresa, s'ha vist que la facturació global segueix la mateixa tendència que l'Índex de Producció Industrial (IPI) que publica l'Institut Nacional d'Estadística (INE). Tenint en compte aquesta premissa, el que es pretén és analitzar les dades proporcionades per l'INE respecte l'IPI per tal d'ajustar les dades de la demanda de les referències de l'empresa a la tendència de l'IPI. La justificació que l'empresa segueixi l'evolució d'aquest Índex està en la lligadura amb el sector en el qual desenvolupa la seva activitat, donat que l'empresa comercialitza equips i components que serveixen pel muntatge, fabricació i mesura de maquinària industrial. Són components tan bàsics que es troben en gairebé totes les branques de l'activitat industrial.

L'Índex de Producció Industrial (IPI) és un indicador de l'evolució mensual de l'activitat productiva de les branques industrials de l'Estat. Dins aquestes activitats s'inclouen les indústries extractives, manufactureres i de producció i distribució d'energia elèctrica, aigua i gas i captació, depuració i distribució d'aigua. Per a l'obtenció del IPI l'INE fa un seguiment en forma d'enquesta contínua que investiga mensualment entre 11.000 i 12.000 establiments, extraient informació de productes representatius de totes les branques d'activitat, eliminant la influència dels preus.

A la figura 4.2.6. es veuen representats els diferents índexs mensuals des de l'any 2010 fins al 2018. Aquests índexs inclouen el total Estatal. L'INE proporciona la versió en taula així com la representació gràfica, per l'anàlisi de dades s'utilitzen els valors en forma de taula de totes les dades disponibles (des de gener de 1975 fins al març de 2019).



**Figura 4.2.6.** Índex de Producció Industrial (total nacional) 2010-2018 (Font: <https://www.ine.es/>)

### Metodologia

El que es fa es aplicar la funció `ets()` a R amb un vector anomenat `dades_IPI` que inclou les dades dels índexs generals mensuals des del gener de 1975 fins al març de 2019. El resultat de l'ajust d'aquesta funció és el que es mostra a continuació. On el programa identifica clarament una tendència additiva i un error multiplicatiu, però segueix sense existir una estacionalitat. Amb aquets resultat es pot pensar que amb les dades de l'empresa des de 2010 fins a 2018 el programa no havia trobat una tendència per l'escassetat de dades.

```
ETS(M,A,N)
```

```
Call:
```

```
ets(y = dades_IPI)
```

```
Smoothing parameters:
```

```
alpha = 0.0326
```

```
beta = 0.0326
```

```
phi = 0.8451
```

```
Initial states:
```

```
l = 73.3683
```

```
b = -0.1079
```

```
sigma: 0.1154
```

```

      AIC      AICC      BIC
5936.758 5936.918 5962.407

```

Un cop s'ha identificat que l'IPI segueix una tendència additiva es procedeix a calcular la recta d'ajust mitjançant les eines que proporciona el full de càlcul. Aquesta recta de regressió té la forma que es mostra a continuació.

$$f(IPI) = 83,7289123930061 + 0,067523816288766 \cdot IPI_i$$

A continuació s'han d'ajustar les dades de l'empresa a aquesta recta. El que es proposa es prendre el pendent de la recta de regressió de l'IPI i el terme independent de cada referència per separat per tal de fer les previsions mensuals de 2019 per cada referència.

Amb les dades de la demanda mensual de 2010 fins a 2018 de l'empresa, es fa una recta de regressió per cada referència de la qual només interessa quedar-se amb el coeficient  $a$ , és a dir, el terme independent. Per tant per cada referència la recta d'ajust tindria la següent forma.

$$f(R) = a_R + 0,067523816288766 \cdot t_i$$

On  $t_i$  correspon als índexs 109 fins a 120 (12 mesos de 2019).

Finalment, per saber la demanda anual en unitats s'arrodoneix la suma de les demandes mensuals obtingudes per 2019.

### Resultats

A continuació es mostren els resultats de la demanda de 2019 obtinguts mitjançant el mètode III.

	S.045	S.052	S.058	S.079	S.107	S.110
<b>GEN 2019</b>	34,029055	59,373311	47,102803	16,179567	12,847841	21,331245
<b>FEB 2019</b>	34,096579	59,440835	47,170326	16,247091	12,915364	21,398769
<b>MAR 2019</b>	34,164103	59,508359	47,23785	16,314615	12,982888	21,466293
<b>ABR 2019</b>	34,231626	59,575883	47,305374	16,382139	13,050412	21,533817
<b>MAIG 2019</b>	34,29915	59,643407	47,372898	16,449663	13,117936	21,601341
<b>JUNY 2019</b>	34,366674	59,71093	47,440422	16,517186	13,18546	21,668865
<b>JUL 2019</b>	34,434198	59,778454	47,507945	16,58471	13,252984	21,736388
<b>AGO 2019</b>	34,501722	59,845978	47,575469	16,652234	13,320507	21,803912
<b>SET 2019</b>	34,569246	59,913502	47,642993	16,719758	13,388031	21,871436
<b>OCT 2019</b>	34,636769	59,981026	47,710517	16,787282	13,455555	21,93896
<b>NOV 2019</b>	34,704293	60,04855	47,778041	16,854806	13,523079	22,006484
<b>DEC 2019</b>	34,771817	60,116073	47,845565	16,922329	13,590603	22,074007
<b>ANUAL</b>	<b>413</b>	<b>717</b>	<b>570</b>	<b>199</b>	<b>159</b>	<b>261</b>

**Taula 4.2.10.** Taula previsió demanda per referències S amb el mètode III (Font: Elaboració pròpia)

	W.01	W.05	W.07
GEN 2019	7,3490848	7,4570317	7,3160708
FEB 2019	7,4166086	7,5245555	7,3835946
MAR 2019	7,4841324	7,5920793	7,4511185
ABR 2019	7,5516562	7,6596031	7,5186423
MAIG 2019	7,6191801	7,7271269	7,5861661
JUNY 2019	7,6867039	7,7946507	7,6536899
JUL 2019	7,7542277	7,8621745	7,7212137
AGO 2019	7,8217515	7,9296984	7,7887375
SET 2019	7,8892753	7,9972222	7,8562613
OCT 2019	7,9567991	8,064746	7,9237852
NOV 2019	8,024323	8,1322698	7,991309
DEC 2019	8,0918468	8,1997936	8,0588328
ANUAL	93	94	93

**Taula 4.2.11.** Taula previsió demanda per referències W amb el mètode III (Font: Elaboració pròpia)

	FI.01	FI.02	FI.03	FI.04	FI.05	FI.06	FI.07	FI.08
GEN 2019	8,3200188	8,062549	2,6506287	6,5938976	7,2113764	6,2094367	6,8837837	6,8263865
FEB 2019	8,3875426	8,1300728	2,7181525	6,6614214	7,2789002	6,2769605	6,9513076	6,8939103
MAR 2019	8,4550664	8,1975966	2,7856763	6,7289452	7,346424	6,3444843	7,0188314	6,9614341
ABR 2019	8,5225902	8,2651205	2,8532002	6,796469	7,4139478	6,4120081	7,0863552	7,0289579
MAIG 2019	8,590114	8,3326443	2,920724	6,8639928	7,4814716	6,4795319	7,153879	7,0964817
JUNY 2019	8,6576379	8,4001681	2,9882478	6,9315167	7,5489955	6,5470558	7,2214028	7,1640055
JUL 2019	8,7251617	8,4676919	3,0557716	6,9990405	7,6165193	6,6145796	7,2889266	7,2315294
AGO 2019	8,7926855	8,5352157	3,1232954	7,0665643	7,6840431	6,6821034	7,3564505	7,2990532
SET 2019	8,8602093	8,6027395	3,1908192	7,1340881	7,7515669	6,7496272	7,4239743	7,366577
OCT 2019	8,9277331	8,6702633	3,2583431	7,2016119	7,8190907	6,817151	7,4914981	7,4341008
NOV 2019	8,9952569	8,7377872	3,3258669	7,2691357	7,8866145	6,8846748	7,5590219	7,5016246
DEC 2019	9,0627808	8,805311	3,3933907	7,3366596	7,9541383	6,9521987	7,6265457	7,5691484
ANUAL	105	102	37	84	91	79	88	87

**Taula 4.2.12.** Taula previsió demanda per referències FI amb el mètode III (Font: Elaboració pròpia)

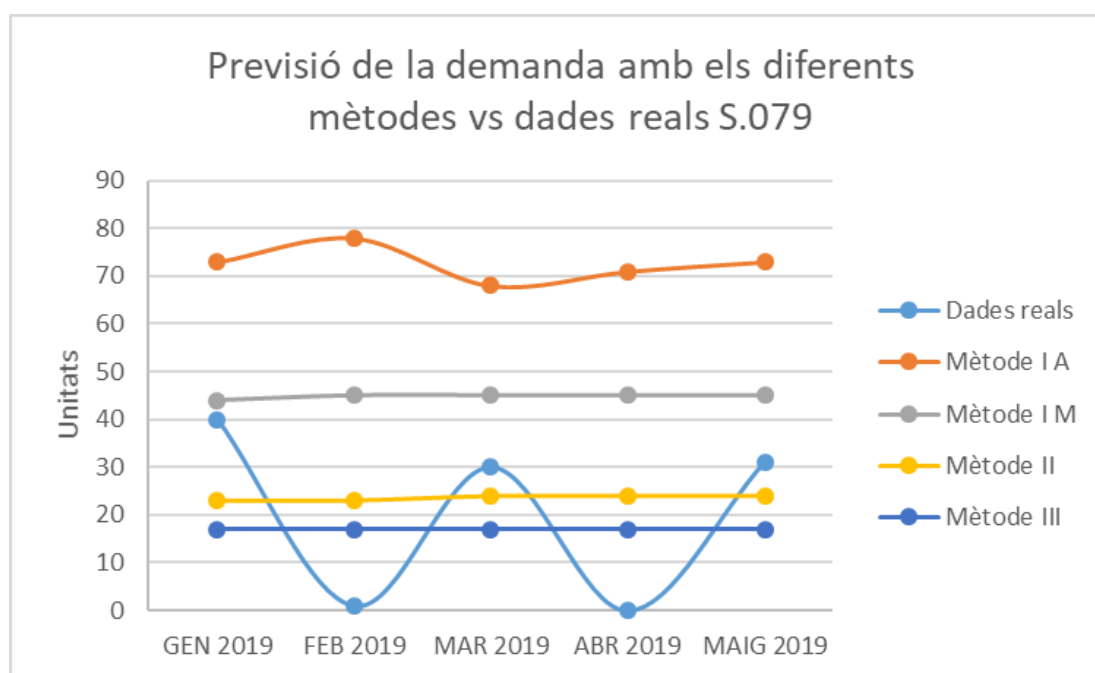
El que es pot veure amb aquests resultats és que tot i que si bé es cert que l'IPI té una tendència additiva, també es cert que el creixement mes a mes és mínim, si s'observa el pendent de la recta de regressió es pot confirmar aquest supòsit, ja que l'ordre de magnitud d'aquest pendent és molt reduït. Per aquesta raó les dades de demanda mensual obtingudes es podrien considerar gairebé constants.

### Conclusions

Es considera que els resultats obtinguts mitjançant aquest mètode no són realistes. Ja no només perquè les dades obtingudes són gairebé constants per tots els mesos de l'any, sinó perquè, per exemple en el cas de les referències W la demanda mensual oscil·la entre 7 i 8 unitats, i amb les observacions de 2010 a 2018 en cap cas la demanda anual supera les 5 unitats, la qual cosa fa dubtar de la validesa d'aquests resultats i per tant aquestes dades obtingudes no s'utilitzaran per fer el pla d'aprovisionament.

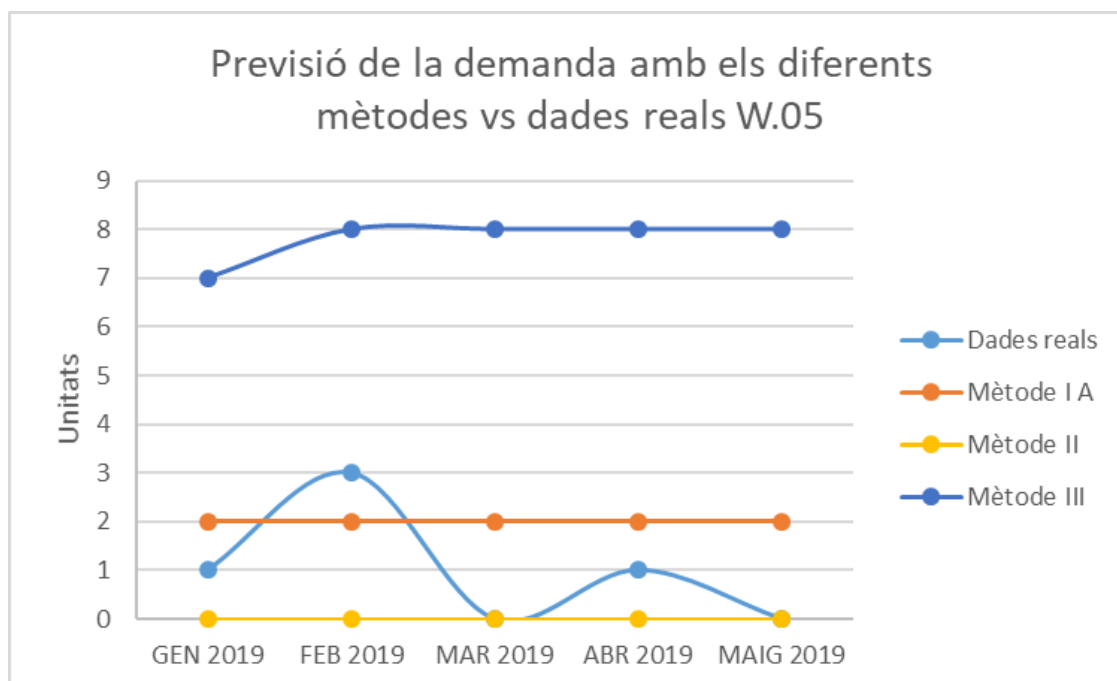
#### 4.2.5. Comparativa amb les dades reals

Tenint en compte que ja es tenen dades dels moviments (entrades i sortides de material) de gairebé la meitat d'aquest any de l'empresa, el que es pretén a aquest apartat és fer una comparativa dels diferents mètodes utilitzats pel càlcul de la previsió de la demanda amb les dades reals extretes del software de gestió de l'empresa.



**Figura 4.2.7.** Comparativa de les previsions de demanda amb les dades reals per la referència S.079  
(Font: Elaboració pròpia)

A la figura 4.2.7 només es mostren els resultats de la comparativa per a la referència S.079, el qual és un exemple molt il·lustratiu del que passa en els casos de les referències de pressòstats en general. A la figura s'aprecia que el mètode I és el que s'allunya més dels resultats reals i si es tinguessin en compte aquestes dades de demanda per tal de dimensionar l'estoc de l'empresa l'any 2019 aquest estaria sobredimensionat, la qual cosa pot posar en risc l'economia de l'empresa ja que tindria molts més diners immobilitzats dels que en realitat s'estan movent amb les vendes. D'altra banda, sembla que no hi ha gaire diferència entre els resultats obtinguts entre el mètode II i el mètode III, el que s'ha de tenir en compte en aquests dos casos és la ruptura d'estoc, ja que si bé es cert que segueixen la mitjana de la tendència generada per la demanda real, també és cert que en cap cas s'hagués arribat a satisfer el 100% de la demanda dels clients i per tant molt segurament aquestes comandes s'haguessin perdut per manca d'estoc.



**Figura 4.2.8.** Comparativa de les previsions de demanda amb les dades reals per la referència W.05

(Font: Elaboració pròpia)

El cas dels cabalímetres és molt sensible, per la naturalesa dels productes (costosos i que no formen part de les peces de reposició) i perquè realment la política d'aprovisionament utilitzada fins ara no es basa en una previsió de demanda, sinó en una anàlisi dels productes que més es venen i per tant es guarden en estoc una o dues unitats i en quant es ven una es demana una altra a fàbrica. Els resultats que mostra la figura 4.2.8. no fan més que confirmar que aquesta política d'aprovisionament és probablement la més adequada tenint en compte la tipologia de producte. En aquest cas el mètode III és completament desorbitat (potser perquè el pendent generat per la corba de l'IPI genera ja un resultat massa elevat encara que el terme independent de la majoria dels cabalímetres sigui negatiu). D'altra banda es veu clarament que el mètode II tampoc és adient per aquest tipus de producte ja que en calcular la mitjana en funció dels resultats d'anys anteriors, aquesta no arriba ni a una unitat mensual. Finalment, el mètode II seria probablement el que més s'ajustés en aquest cas, tot i així es tindria un sobre-dimensionament d'estoc que probablement l'empresa no podria assumir tenint en compte la inversió capital que representen els cabalímetres.





## 5. Planificació òptima de l'aprovisionament

Aquest apartat està orientat a resoldre el pla d'aprovisionament òptim per tots els productes que s'estan analitzant, tenint en compte els diferents conceptes comentats a l'apartat 3, com són els costos, terminis de llançament i tipus de lots.

Per fer un estudi exhaustiu i trobar la solució més adient, primerament es fa una planificació individual, és a dir es considera cada referència de manera independent, posteriorment es fa una planificació conjunta, per tant totes les referències que pertanyin a la mateixa família, és a dir fabricant, s'estudien juntes amb l'objectiu de minimitzar el número de comandes i de manera consegüent els costos.

Finalment, es fa un anàlisi de sensibilitat per tal de veure de quina manera afecta la demanda calculada a la planificació.

Arribats a aquest punt, la planificació de l'aprovisionament només es farà per les referències S i FI, ja que el baix volum de vendes de les referències W confirma que la política d'aprovisionament considerada per l'empresa fins ara, on cada vegada que es fa la venda d'una d'aquestes referències s'adquireix una nova de fàbrica és òptima. D'altra banda com a alternativa es podria suggerir tenir una unitat més en estoc com a *back-up* per tal de no perdre una venda per manca d'estoc. En tot cas, s'exclouen aquests productes del pla d'aprovisionament.

### 5.1. Planificació individual

La planificació individual, tal i com indica el seu nom, contempla l'abastiment d'estocs amb la demanda de cada referència per separat, és a dir cada producte s'analitza per separat.

El mètode utilitzat és el mètode Harris-Wilson, el procediment del qual es descriu amb detall al cas dels pressòstats, però el cas dels acumuladors es fa de la mateixa manera, ja que es tracta de la mateixa variant del mètode general: Cost d'adquisició amb rebaixes uniformes. Com es va veure a l'apartat 3.4. tant els pressòstats com els acumuladors tenen una política de preus amb descomptes per trams, els quals es consideraran per saber quina és l'EOQ (Economic Order Quantity) en cada cas.

### 5.1.1. Pressòstats

En aquest apartat s'utilitzen les dades especificades a l'apartat 3.4. per aplicar el procediment de càlcul.

Per tal de determinar quina és la política d'aprovisionament en el cas de cada referència, és a dir, quantes comandes s'han de fer al proveïdor i quina quantitat s'ha de demanar tenint en compte les limitacions de les mides dels lots s'utilitza el mètode Harris-Wilson. En aquest mètode es determina l'EOQ (Economic Order Quantity) mitjançant les dades dels diferents costos, definits prèviament a l'apartat 3.4., les restriccions en les mides dels lots imposades pels fabricants i la demanda anual. Com ja s'havia dit anteriorment, les dades de la demanda que s'utilitzaran seran les calculades mitjançant el mètode II.

Tant amb els pressòstats com amb els acumuladors es tracta d'una variant del mètode de Harris-Wilson, concretament el cas de cost d'adquisició amb rebaixes uniformes, ja que tal com s'havia especificat a l'apartat 3.4. ambdós fabricants aplicant descomptes per quantitat de comanda.

Primerament, es calcula la mida del lot que minimitza el cost de gestió d'estoc (Q) segons l'equació 5.1.1. Per cada cost d'adquisició hi haurà una Q, en el cas dels pressòstats hi haurà per tant 4, ja que es té el cost base i posteriorment hi ha descomptes progressius segons la quantitat.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 \cdot D_R \cdot C_{Ti}}{C_{Si}}} \quad (\text{Eq.5.1.1.})$$

Per a la determinació de cada Q s'han de tenir en compte dues consideracions. En primer lloc, com ja s'ha dit anteriorment, aquests productes només es comercialitzen en lots de 10 unitats, és a dir que un cop s'ha determinat la Q òptima aquesta s'ha d'arrodonir al múltiple de 10 superior o inferior seguint els criteris d'arrodoniment que es mostren a continuació. D'altra banda, s'ha de tenir en compte que el descompte només és aplicable en cas que es demani una quantitat concreta de cada referència, per tant si la Q calculada es troba fora del tram de descompte s'ha de reajustar aquesta Q, ja sigui al límit inferior en cas que la Q calculada sigui menor a aquest límit o al límit superior en cas que la Q calculada sobrepassi l'interval.

$$\text{a) } Q_R \leq \sqrt{Q_{\text{múltiple-inferior}} \cdot Q_{\text{múltiple-superior}}} \rightarrow Q_R = Q_{\text{múltiple-inferior}}$$

$$\text{b) } Q_R > \sqrt{Q_{\text{múltiple-inferior}} \cdot Q_{\text{múltiple-superior}}} \rightarrow Q_R = Q_{\text{múltiple-superior}}$$

El que acaba de determinar la política d'aprovisionament òptima és el mòbil econòmic. Per tal de comparar el cost segons la  $Q$  calculada, es determina una variable  $K$ , en el càlcul de la qual intervenen el cost de transport, el cost d'adquisició i finalment el cost d'estoc, d'altra banda també es té en compte la demanda i la mida del lot. En una mateixa referència es comparen les diferents  $K$  en funció de les diferents  $Q$  calculades i serà el mínim d'aquests costos el que determinarà la política d'aprovisionament òptima.

$$K_i = C_{Ti} \cdot \left(\frac{D}{Q}\right) + C_{Ai} \cdot D + C_{si} \cdot \left(\frac{Q}{2}\right) \quad (\text{Eq.5.1.2.})$$

Finalment es calcula el nombre de comandes que s'ha de fer de cada referència al fabricant. Aquesta variable  $N$  ve determinada per la relació entre la demanda anual i la mida òptima del lot ( $Q$ ) calculada anteriorment.

$$N = \frac{D}{Q} \quad (\text{Eq.5.1.3.})$$

	$Q_0$	$Q_{0^*}$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$K_0$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$N$
<b>S.045</b>	21,2916259	30	500	1000	2000	1758,00363	1753,6465	1748,09247	1814,93592	1
<b>S.052</b>	11,7918454	20	500	1000	2000	541,750125	601,418785	656,562895	784,072652	4
<b>S.058</b>	21,2916259	30	500	1000	2000	1758,00363	1753,6465	1748,09247	1814,93592	1
<b>S.079</b>	19,3218357	20	500	1000	2000	1448,06025	1460,35217	1470,24858	1552,53436	10
<b>S.107</b>	11,2122382	20	500	1000	2000	1314,4599	1481,69964	1636,48129	1985,31739	4
<b>S.110</b>	15,1185789	20	500	1000	2000	2381,46075	2492,92376	2594,43518	2890,02901	6

**Taula 5.1.1.** Resultats del pla d'aprovisionament per pressòstats mitjançant Harris-Wilson  
(Font: Elaboració pròpia)

A la taula 5.1.1. es mostren els resultats obtinguts. El primer que s'observa és que en tots els casos on es calcula la mida del lot en els diferents trams de descompte aquest lot sempre s'ajusta al llindar inferior de cada tram, és a dir, en realitat la mida òptima del lot sempre està per sota qualsevol de les quantitats aptes per descompte. Es pot comprovar que majoritàriament és més òptim fer comandes amb el cost d'adquisició sense descompte, tot i que en els dos casos on és més òptim aplicar un descompte aquest seria el del segon tram, és a dir, tenint en compte la segona mida més gran del lot, per tant, en aquests dos casos s'hauria de fer una comanda i es guardarien en estoc les unitats sobrants.

### 5.1.2. Acumuladors

El procediment per al càlcul de la mida de lot òptima en el cas dels acumuladors es fa exactament de la mateixa manera que en el cas dels pressòstats, la única diferència és que en aquest cas, ja de partida el lot més petit és de 48 unitats.

	Q_0	Q_1	Q_2	K_0	K_1	K_2	N
FI.01	168	84	48	527,1572	521,503714	537,0829	1
FI.02	168	84	48	1301,21083	1340,65981	1408,50793	1
FI.03	168	84	48	7290,14733	7779,36737	8301,4553	2
FI.04	168	84	48	1228,10107	1235,50282	1283,72488	1
FI.05	168	84	48	2409,365	2486,4272	2614,24835	1
FI.06	168	84	48	8974,88649	9489,77554	10086,4374	1
FI.07	168	84	48	3371,5006	3447,6592	3609,7677	1
FI.08	168	84	48	3792,53224	3782,20221	3913,6524	1

**Taula 5.1.2.** Resultats del pla d'aprovisionament per acumuladors mitjançant Harris-Wilson  
(Font: Elaboració pròpia)

La taula 5.1.2. mostra els resultats obtinguts en el cas dels acumuladors. Aquests resultats són bastant sorprenents tenint en compte les demandes anuals considerades per aquest càlcul. Es podria dir que és una situació contrària a la que es tenia en el cas dels pressòstats, ja que en aquest cas la política òptima en la majoria dels casos és fer una única comanda anual amb la mida de lot més gran possible (168 unitats). De manera que amb aquestes comandes la demanda anual es veu multiplicada entre 1,5 i 7 vegades.

## 5.2. Planificació conjunta

En aquest apartat, amb les dades de la previsió anual de demanda, es pretén fer una planificació de l'aprovisionament de manera que es gestionin múltiples productes. Aquesta gestió es separa per proveïdors, és a dir es farà la planificació de totes les referències de pressòstats per una banda i dels acumuladors per l'altra, per tal que tots els productes s'agrupin en una mateixa entrega.

Es fan dos tipus de gestions afegides, primerament es considera el cas on a cada entrega s'inclouin tots els productes i d'altra banda el cas on a cada entrega només s'entregui un subconjunt dels productes. A més a més s'ha de tenir en compte que el cost de llançament no es manté en cap dels dos casos, es considera un cost de llançament base i posteriorment s'afegeix la part proporcional que correspondria a incloure cada producte dins aquesta entrega.

Metodologia: A cada entrega tots els productes

Aquest cas, tal com indica el seu nom, considera la planificació òptima en tant que tots els productes estiguin inclosos dins cada entrega. A més a més ja des d'un principi es pot veure que el cost de llançament no és constant, i per tant varia en funció dels productes que s'incloguin a cada entrega. És per aquesta raó que el primer que es fa es definir el cost de llançament total segons l'equació 5.2.1.

$$C_L = C_l + \sum_{i=1}^n c_{l_i} \quad (\text{Eq.5.2.1.})$$

On  $C_l$  és el cost de llançament base, és a dir la part del cost de llançament que és independent a la variació de productes, mentre que  $C_{li}$  fa referència al cost de llançament de cada producte en concret.

A continuació es calcula  $N^*$ , la freqüència amb la que es faran les comandes al proveïdor.

$$N^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n D_i \cdot C_{s_i}}{2 \cdot C_L}} \quad (\text{Eq.5.2.2.})$$

Amb aquesta freqüència i la demanda de cada referència es pot determinar la mida de lot òptima  $Q$  segons l'equació 5.2.3.

$$Q_i = \frac{D_i}{N^*} \quad (\text{Eq.5.2.3.})$$

Aquesta mida de lot s'ha d'arrodonir tenint en compte els criteris de cada tipologia de producte, en el cas dels pressòstats s'haurà de ajustar al següent múltiple de 10, aconseguint així el terme  $Q^*$ .

Finalment el cost per cada referència es calcula segons l'equació 5.2.4.

$$K_{T_i} = C_{A_i} \cdot D_i + N^* \cdot \left( c_{l_i} + C_l \cdot \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right) \right) + \frac{1}{2} \cdot Q_i^* \cdot C_{s_i} \quad (\text{Eq.5.2.4.})$$

El terme  $C_l \cdot \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right)$  expressa la part proporcional del cost fixe que correspon a cada referència tenint en compte el seu pes en la demanda total.

### Metodologia: A cada entrega un subconjunt de productes

Aquest algoritme heurístic suposa que no a totes les entregues s'han d'entregar tots els productes, identifica l'existència del producte dominant, és a dir el producte que marcarà la freqüència més gran i la resta de productes s'afegiran quan sigui pertinent.

El primer que es fa és identificar la freqüència de cada producte de manera independent segons l'equació 5.2.5.

$$\overline{N}_i = \sqrt{\frac{D_i \cdot C_{s_i}}{2 \cdot (C_l + C_{l_i})}} \quad (\text{Eq.5.2.5.})$$

A continuació es determina la freqüència més alta, per saber quin és el producte dominant.

$$\overline{N} = \max \{\overline{N}_i\} = \overline{N}_F \quad (\text{Eq.5.2.6.})$$

Seguidament es determinen els productes que es dipositaran a les entregues amb el més freqüent. Aquest procediment consisteix a calcular la nova freqüència de tots els productes que no siguin el més freqüent com a múltiple de  $\overline{N}$ .

$$\overline{\overline{N}}_i = \sqrt{\frac{D_i \cdot C_{s_i}}{2 \cdot C_{l_i}}} \quad (\text{Eq.5.2.7.})$$

$$\overline{M}_i = \frac{\overline{N}}{\overline{\overline{N}}_i} \quad (\text{Eq.5.2.8.})$$

Finalment es determina  $m_i$  arrodonint  $\overline{M}_i$  a l'enter més proper.

Es torna a calcular la freqüència de tots els productes segons l'equació 5.2.9.

$$N = \sqrt{\frac{\sum D_i \cdot C_{s_i} \cdot m_i}{2 \cdot (C_l + \sum \frac{C_{l_i}}{m_i})}} = N_F \quad (\text{Eq.5.2.9.})$$

Finalment, es determina la freqüència per a cada producte tenint en compte l'equació 5.2.10. Mentre que al producte més freqüent se li assigna com a valor N.

$$N_i = \frac{N}{m_i} \quad (\text{Eq.5.2.10.})$$

La mida del lot òptim es calcula tenint en compte l'equació 5.2.11. i posteriorment, seguint els mateixos criteris que a la metodologia anterior s'arrodoneix per aconseguir  $Q^*$ .

$$Q_i = \frac{D_i}{N_i} \quad (\text{Eq.5.2.11.})$$

Quant a la repartició proporcional del cost de llançament, el cost de llançament base s'assigna en la seva totalitat al producte més freqüent per a la resta de productes només es té en compte el seu cost de llançament específic. De manera que el cost total pel producte més freqüent es calcula seguint l'equació 5.2.12. i per a la resta de productes s'utilitza l'equació 5.2.13.

$$K_{TF} = C_{A_i} \cdot D_F + N_F \cdot (C_l + c_{l_F}) + \frac{1}{2} \cdot Q_F^* \cdot C_{s_F} \quad (\text{Eq.5.2.12.})$$

$$K_{Ti} = C_{A_i} \cdot D_i + N_i \cdot (c_{li} + C_l) + \frac{1}{2} \cdot Q_i^* \cdot C_{si} \quad (\text{Eq.5.2.13.})$$

### 5.2.1. Pressòstats

En el cas dels pressòstats es considera un cost de llançament base de 10 €. Aquest preu s'ha calculat tenint en compte l'historial de factures dels transportistes encarregats de les entregues d'aquest proveïdor, el cost de llançament proporcional per cada referència individual es calcula tenint en compte les consideracions de l'apartat 3.4. D'altra banda, pel que fa als descomptes per quantitats no s'han tingut en compte ja que en cap cas el lot òptim es trobava dins un dels trams de descompte.

- a) A cada entrega tots els productes

	Q_0	Q_0*	K_t
S.045	57,7173852	60	1772,93303
S.052	17,7032316	20	545,157433
S.058	57,7173852	60	1772,93303
S.079	47,5319643	50	1460,44342
S.107	16,0056614	20	1318,19474
S.110	29,1012026	30	2390,10036

**Taula 5.2.1.** Resultats del pla d'aprovisionament conjunt per pressòstats amb tots els productes a cada entrega  
(Font: Elaboració pròpia)

La freqüència resultant és de 4,12, la qual s'aproxima bastant a la mitjana de comandes que s'haurien de fer tenint en compte la planificació individual (4,33). Aquesta nova planificació representa un estalvi del 25,18% quant al cost total de la planificació individual, la qual cosa indicaria que s'està convergint al resultat de planificació més òptima.

b) A cada entrega un subconjunt de productes

	N' j	N'' j	M' j	m j	N	Q_0		Q_0*	K_t
S.045	2,05383301	10,9087121	0,18827456		1	3,68804038	64,532916	70	1762,82598
S.052	1,1374651	6,04152299	0,18827456		1	3,68804038	19,7937095	20	540,429106
S.058	2,05383301	10,9087121	0,18827456		1	3,68804038	64,532916	70	1762,82598
S.079	1,86382309	9,89949494	0,18827456		1	3,68804038	53,1447543	60	1452,19661
S.107	1,72058198	5,74456265	0,29951488		1	3,68804038	17,8956826	20	1311,25901
S.110	2,32003227					3,68804038	32,5376047	40	2385,94676

**Taula 5.2.2.** Resultats del pla d'aprovisionament conjunt per pressòstats amb un subconjunt dels productes a cada entrega (Font: Elaboració pròpia)

Pel que fa a la planificació conjunta on a cada entrega s'hauria d'entregar un subconjunt de productes, el producte més freqüent i per tant el producte dominant seria la referència S.110. Com que a l'utilitzar l'equació 5.2.7. aquestes freqüències són totes més grans que  $\bar{N}_F$  el múltiple resulta ser en tots els casos 1, la qual cosa indica que la planificació òptima seria aquella en que tots els productes es dipositin en cada entrega, per aquesta raó  $N_i$  coincideix per a tots els productes.

El fet que la freqüència d'enviament sigui menor que en el cas anterior, obliga a que les mides dels lots incrementin i per tant que també ho faci el cost total, aquest increment és del 34,15%. De fet aquesta planificació és inclús un 0,37% més cara que la planificació individual. Aquests resultats animen a pensar que per aquest tipus de producte la planificació òptima seria una planificació conjunta en la que a cada entrega s'incloguin tots els productes.

### 5.2.2. Acumuladors

Pels acumuladors es considera un cost de llançament base de 20 €. Aquest preu s'ha calculat tenint en compte l'historial de factures dels transportistes encarregats de les entregues d'aquest proveïdor, a més del pes que suposaria transportar palets amb aquestes dimensions, el cost de llançament proporcional per cada referència individual es calcula tenint en compte les consideracions de l'apartat 3.4. D'altra banda, pel que fa als descomptes per quantitats, aquests es tindran en compte pel càlcul del cost final, en cas que algun dels lots òptims estigui dins algun dels trams de descompte

a) A cada entrega tots els productes

	Q_0	Q_0*	K_t
FI.01	19,17496	48	539,615773
FI.02	39,9478333	48	1411,04483
FI.03	225,30578	226	7340,67154
FI.04	24,7676566	48	1287,34259
FI.05	41,5457466	48	2617,11212
FI.06	103,864367	104	9532,15779
FI.07	33,55618	48	3614,54769
FI.08	21,57183	48	3924,21629



**Taula 5.2.3.** Resultats del pla d'aprovisionament conjunt per acumuladors amb tots els productes a cada entrega (Font: Elaboració pròpia)

La freqüència determinada en aquest cas és de 1,25 i per pràcticament tots els casos el lot òptim es correspon amb la quantitat de comanda mínima (48 unitats), tot i així aquesta política representa un estalvi del 15,53% respecte el cost total de la política d'aprovisionament individual.

b) A cada entrega un subconjunt de productes

	N' j	N'' j	M' j	m j	N	Q <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub> *	K t
FI.01	1,07173631	3,71470352	0,28851194	1	3,95234184	6,07234924	48	536,311335
FI.02	1,73532307	5,36273483	0,3235892	1	3,95234184	12,6507276	48	1406,08544
FI.03	4,24085126	12,7353378	0,33299873	1	3,95234184	71,3501036	72	8304,75161
FI.04	1,60122741	4,22255228	0,37920843	1	3,95234184	7,84345111	48	1281,65838
FI.05	2,26066215	5,46923508	0,41334156	1	3,95234184	13,1567567	48	2609,59991
FI.06	4,24372683				3,95234184	32,8918917	48	10066,852
FI.07	2,48342435	4,91538812	0,50523464	1	3,95234184	10,6266112	48	3603,45446
FI.08	2,34732682	3,94100641	0,59561609	1	3,95234184	6,8313929	48	3907,35824

**Taula 5.2.3.** Resultats del pla d'aprovisionament conjunt per acumuladors amb un subconjunt dels productes a cada entrega (Font: Elaboració pròpia)

El producte dominant en el cas dels acumuladors és la referència FI.06. Succeeix exactament el mateix que amb els pressòstats on totes les freqüències finals coincideixen, en aquest cas però, el fet que la freqüència augmenti o disminueixi no té tanta incidència en la mida del lot ja que en la majoria dels casos es manté en el número d'unitats mínim de comanda, tot i així hi ha un augment important en el cost total respecte la política amb tots els productes a totes les entregues (30,03%). L'increment en el cost total respecte l'aprovisionament individual es de 9,42%, per tant en el cas dels acumuladors es fa encara més evident que l'aprovisionament més òptim seria el de l'apartat a).

### 5.3. Anàlisi de sensibilitat

L'anàlisi de sensibilitat és un estudi de l'impacte que produeix un canvi en les variables d'un model econòmic en el resultat d'aquest canvi, de manera que s'identifiquin les variables crítiques en un model econòmic. Per tant, com ja s'ha comentat anteriorment, el que es pretén en aquest apartat és utilitzar els resultats de la previsió de la demanda mitjançant els diferents mètodes de càlcul, per analitzar com afecten les variacions de la demanda a la política òptima d'aprovisionament.

### 5.3.1. Planificació individual amb demanda anual

Per fer la comparativa de la planificació de la demanda anual respecte els resultats obtinguts a l'apartat 5.2. el que es considera és, d'una banda la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals obtingudes amb el mètode II de previsió de la demanda, i d'altra banda la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals calculades amb el mètode III.

#### a) Pressòstats

A la taula 5.3.1. Es mostren els resultats de a planificació individual mitjançant la demanda anual calculada com a sumatori de les demandes mensuals del mètode 2. En quant al nombre de comandes no s'observen gaires canvis, excepte a la referència S.079 on, en comptes de fer 10 comandes de 30 unitats es fa una única comanda de 1000 unitats. No hi ha diferència econòmica amb aquesta variació en la demanda, excepte en el cas comentat, ja que els lots són tancats en cas que s'apliqui algun descompte o bé s'han d'arrodonir al següent múltiple de 10, la qual cosa fa que en tots casos la mida del lot coincideixi i per tant la diferència entre costos sigui imperceptible. Si es té en compte aquesta demanda el cost total incrementa en un 4,7%, el qual és assumible per l'empresa.

	Q_0	Q_0*	Q_1	Q_2	Q_3	K_0	K_1	K_2	K_3	N
S.045	21,2916259	30	500	1000	2000	1758,00363	1753,6465	1748,09247	1814,93592	1
S.052	12,188988	20	500	1000	2000	578,592	636,334776	689,639549	815,310933	4
S.058	21,0667872	30	500	1000	2000	1721,19238	1718,7305	1715,01581	1783,69764	1
S.079	23,1352133	30	500	1000	2000	2074,58038	2053,92402	2032,55169	2083,58514	1
S.107	11,2122382	20	500	1000	2000	1314,4599	1481,69964	1636,48129	1985,31739	4
S.110	14,6059349	20	500	1000	2000	2223,38655	2343,11278	2452,51609	2755,99766	6

**Taula 5.3.1.** Planificació individual de pressòstats tenint en compte la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals del mètode II (Font: Elaboració pròpia)

A la següent taula es poden observar els resultats de la planificació òptima de l'aprovisionament tenint en compte la demanda que s'ha predit amb el mètode III. Es pot apreciar en aquest cas que la previsió de la demanda era sensiblement més elevada, ja que les mides dels lots són superiors, fins i tot hi ha referències en les quals és més rendible demanar un lot de 2000 unitats, la qual cosa es realment sorprenent tenint en compte les demandes. D'altra banda es fa evident que si es considera aquesta demanda els cost total incrementa en un 132,2%, la qual cosa indica que en cas d'utilitzar aquestes demandes per fer la planificació de l'aprovisionament és possible que l'empresa no pogués assumir aquesta disparitat en el cost.

	Q_0	Q_0*	Q_1	Q_2	Q_3	K_0	K_1	K_2	K_3	N
S.045	28,0475786	30	500	1000	2000	3046,39738	2975,70619	2905,77535	2908,27576	1
S.052	36,9555718	40	500	1000	2000	5284,25494	5098,59846	4916,8359	4807,56324	1
S.058	32,9501788	40	500	1000	2000	4202,45438	4072,06832	3944,38228	3889,15778	1
S.079	19,4691453	20	500	1000	2000	1470,16538	1481,30176	1490,09457	1571,27733	10
S.107	17,4027912	20	500	1000	2000	3152,07248	3223,25228	3286,29078	3543,43185	8
S.110	22,2967006	30	500	1000	2000	5168,40548	5133,34227	5095,75924	5252,33157	1

**Taula 5.3.2.** Planificació individual de pressòstats tenint en compte la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals del mètode III (Font: Elaboració pròpia)

Després d'analitzar la política d'aprovisionament òptima amb les variacions de demanda calculades, el que es pot concloure és que la política d'estocs de l'apartat 5.1.1. és la política més barata i a la vegada la més moderada quant a les quantitats de comanda. Aquest fet dona confiança a la persona que ha d'invertir en aquests productes, ja que si es compra una quantitat sobrant molt elevada com és el cas de la tercera política d'aprovisionament hi ha un risc important de que aquests diners s'acabin perdent ja que la previsió de la demanda és molt menor en proporció a aquestes quantitats. A més a més es curiós perquè el primer tram de descompte en cap cas és rendible, la qual cosa indica que un 5% de descompte no és suficient per justificar el lot que s'ha d'adquirir a aquest preu i per tant directament salta al següent nivell de descompte, encara que la quantitat a adquirir sigui més gran.

b) Acumuladors

La següent taula mostra els resultats de la planificació de l'aprovisionament tenint en compte la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals previstes segons el mètode II. No s'aprecia gaire diferència pel que fa a la mida dels lots i la quantitat de comandes simplement en ser més elevada la demanda considerada en gairebé tots els casos surt més a compte demanar la mida de lot més gran i en algun cas (referència FI.03) demanar inclús una comanda més. Aquest increment en la demanda es tradueix en un increment del 24,7% en el cost total.

	Q_0	Q_1	Q_2	K_0	K_1	K_2	N
FI.01	168	84	48	637,68295	640,445143	664,367525	1
FI.02	168	84	48	1587,1009	1648,22552	1737,87268	1
FI.03	168	84	48	10800,1954	11555,3973	12344,9818	3
FI.04	168	84	48	1469,46465	1495,16157	1561,78297	1
FI.05	168	84	48	2962,58411	3081,62493	3251,66354	1
FI.06	168	84	48	9041,55615	9561,50083	10163,2471	1
FI.07	168	84	48	2575,94734	2591,72144	2693,10195	1
FI.08	168	84	48	3432,67817	3395,04186	3499,0304	1

**Taula 5.3.3.** Planificació individual d'acumuladors tenint en compte la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals del mètode II (Font: Elaboració pròpia)

Pel que fa als resultats de la planificació òptima mitjançant la demanda calculada amb el mètode III es pot observar que l'increment en el cost total és només del 12,4%, contràriament al que passava amb els pressòstats, on l'increment en el cost total era major tenint en compte la demanda mensual calculada amb el mètode II. A més a més, s'observa que en aquest cas és més rendible per a tots els casos realitzar una única comanda però que aquesta sigui amb la mida de lot més gran. Probablement aquesta seria la política més senzilla de gestionar ja que es podria programar una única comanda conjunta, aquesta hipòtesi s'acabarà de confirmar més endavant.

	Q_0	Q_1	Q_2	K_0	K_1	K_2	N
FI.01	168	84	48	2019,25483	2127,213	2255,42534	1
FI.02	168	84	48	2540,06781	2673,44457	2835,75518	1
FI.03	168	84	48	1058,54025	1075,54612	1122,73072	1
FI.04	168	84	48	3055,5682	3201,4905	3389,0218	1
FI.05	168	84	48	4069,02231	4272,02038	4526,49391	1
FI.06	168	84	48	5574,7338	5831,78597	6169,14331	1
FI.07	168	84	48	6698,3597	7027,0353	7443,0972	1
FI.08	168	84	48	10989,6137	11525,4094	12206,0924	1

**Taula 5.3.4.** Planificació individual d'acumuladors tenint en compte la demanda anual com a sumatori de les demandes mensuals del mètode III (Font: Elaboració pròpia)

En el cas dels acumuladors la diferència en la inversió econòmica entre les polítiques d'aprovisionament no varia tant com en el cas dels pressòstats. Tot i així la política més econòmica i menys arriscada respecte les quantitats de comanda és la calculada a l'apartat 5.1.2. la qual cosa confirma en certa manera la tria de la demanda amb la qual es treballa finalment.

### 5.3.2. Planificació individual amb demanda mensual no homogènia

Per tal de complementar l'anàlisi que s'està portant a terme es considera el cas on la demanda no fos homogènia. És a dir, quan la demanda canvia mes a mes, tot i que com ja s'ha vist a l'apartat 4.2. les variacions mensuals de la demanda són gairebé imperceptibles. El que es pretén en aquest apartat per tant és mostrar la metodologia que s'hagués emprat en cas d'haver obtingut uns resultats de previsió més ajustats a la realitat.

S'utilitza un mètode de programació dinàmica, l'algoritme Wagner-Whitin. Per una resolució amb aquest mètode es tenen en compte dues consideracions, en primer lloc l'estoc final ha de ser zero, és a dir que no es compren més unitats que les que indica la demanda global, i només es compra quan ni hi ha estoc, per tant en cap cas s'arrossegarà un estoc sobrant. La metodologia consisteix a avaluar en cadascun dels dotze períodes si és rendible adquirir productes només en aquell període o comprar pels períodes següents també, tenint en compte sempre els costos que implica cada opció.

S'utilitza el mètode *backwards* en el qual primer s'analitza l'últim període i les seves possibilitats, seguidament s'analitza el penúltim i així successivament. Les possibilitats s'analitzen en funció de l'estoc físic que hi hagi en cada moment, per exemple en el cas de l'últim període només poden haver-hi dues possibilitats: que no hi hagi cap unitat en estoc, o que hi hagi exactament el nombre d'unitats corresponents a la demanda d'aquest període; però pel penúltim període existeixen 3 possibilitats: que no hi hagi cap unitat en estoc, o que hi hagi exactament el nombre d'unitats corresponents a la demanda d'aquest període o que en estoc estigui la demanda acumulada d'aquest període i del següent. Així es veu que a mida que es retrocedeix en els períodes les possibilitats van en augment,

fins a arribar al primer període on la única possibilitat és que no hi hagi cap unitat en estoc. Aquest procediment s'explica de manera detallada a continuació.

Per tot els casos i donat que aquest apartat és purament una demostració pràctica d'una metodologia, s'han obviat les mides dels lots, la quantitat mínima de comanda i els descomptes per quantitat. Les demandes mensuals previstes són tan petites que a priori no són aplicables i introduir-los com a acumulat de demandes mensuals dins l'algoritme Wagner-Whitin s'escapa de l'objecte i abast d'aquest estudi.

### Metodologia

La funció a avaluar sempre és la mateixa, és el cost associat per adquisició, llançament i estoc de cadascuna de les possibilitats dins cada període. On  $d_t$  és la demanda prevista per aquell període,  $N_t$  és el nombre de comandes que s'han de realitzar pel període estudiat i  $s_t$  són les unitats d'aquella referència que s'han de guardar en estoc per períodes posteriors.

$$K_t(s) = C_A \cdot d_t + C_L \cdot N_t \cdot C_s \cdot s_t \quad (\text{Eq.5.3.1.})$$

L'equació 5.3.1. s'aplica a les circumstàncies de cada període. A continuació es detallen totes les possibilitats que es poden donar a cada període.

### **Període 12**

- Estoc = 0. En aquest cas s'haurien de comprar totes les unitats corresponents a la demanda del període 12 i per tant el cost es calcularia segons l'equació 5.3.2. Es considera un únic llançament en cada període ja que s'assumeix que els transportistes tenen capacitat suficient per portar els paquets amb les dimensions que s'estan treballant. D'altra banda es consideren 0 unitats en estoc ja que la demanda d'aquest període en cas de ser adquirida en aquest es consumiria directament.

$$k_{12}(0) = d_{12} \cdot C_A + 1 \cdot C_L + 0 \cdot C_s \quad (\text{Eq.5.3.2.})$$

- Estoc =  $d_{12}$ . En aquest cas no s'hauria d'adquirir cap unitat ja que la política òptima hauria determinat que la demanda corresponen al període 12 s'hagués comprat per avançat en algun altre període.

$$k_{12}(d_{12}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + 0 \cdot C_s \quad (\text{Eq.5.3.3.})$$

## Període 11

- Estoc = 0. Quan es dona un cas d'estoc 0 en qualsevol altre període que no sigui el darrer s'ha d'avaluar el cas que representi el mínim cost, entre només comprar les unitats corresponents a la demanda del període o comprar l'acumulat contemplant els períodes posteriors tal i com es mostra a les següents equacions.

$$k_{11}(0)^1 = d_{11} \cdot C_A + 1 \cdot C_L + 0 \cdot C_s + K_{12}(0) \quad (\text{Eq.5.3.4.})$$

$$k_{11}(0)^2 = (d_{11} + d_{12}) \cdot C_A + 1 \cdot C_L + d_{12} \cdot C_s + K_{12}(d_{12}) \quad (\text{Eq.5.3.5.})$$

$$k_{11}(0) = \min\{k_{11}(0)^1; k_{11}(0)^2\} \quad (\text{Eq.5.3.6.})$$

- Estoc =  $d_{11}$ . En aquest cas no s'hauria d'adquirir cap unitat ja que la política òptima hauria determinat que la demanda corresponen al període 11 s'hagués comprat per avançat en algun altre període. S'ha de tenir en compte però el cost associat a que en el període següent l'estoc sigui de 0 unitats, tal i com es mostra a l'equació 5.3.7.

$$k_{11}(d_{11}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + 0 \cdot C_s + k_{12}(0) \quad (\text{Eq.5.3.7.})$$

- Estoc =  $d_{11} + d_{12}$ . Aquesta situació indica que, tant la demanda prevista per aquest període, com la demanda del període següent, s'haurien adquirit en períodes anteriors. En aquest cas s'ha de tenir en compte el cost associat a que en el període següent l'estoc sigui igual a la demanada del període 12.

$$k_{11}(d_{11} + d_{12}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + d_{12} \cdot C_s + k_{12}(d_{12}) \quad (\text{Eq.5.3.8.})$$

**Període 10**

- Estoc = 0. S'ha de tenir en compte que el cost d'estoc es mensual, la qual cosa implica que mentre més temps passi el material al magatzem més car serà de mantenir aquests productes. Aquest augment en el cost d'estoc es contempla en els últims dos termes de cada equació ja que per una banda es multiplica la demanda d'un altre període per el cost d'estoc equivalent a un més, i posteriorment es suma el cost de tenir la demanda acumulada de períodes posteriors.

$$k_{10}(0)^1 = d_{10} \cdot C_A + 1 \cdot C_L + 0 \cdot C_s + K_{11}(0) \quad (\text{Eq.5.3.9.})$$

$$k_{10}(0)^2 = (d_{10} + d_{11}) \cdot C_A + 1 \cdot C_L + d_{11} \cdot C_s + K_{11}(d_{11}) \quad (\text{Eq.5.3.10.})$$

$$k_{10}(0)^3 = (d_{10} + d_{11} + d_{12}) \cdot C_A + 1 \cdot C_L + (d_{11} + d_{12}) \cdot C_s + K_{11}(d_{11} + d_{12}) \quad (\text{Eq.5.3.11.})$$

$$k_{10}(0) = \min\{ k_{10}(0)^1; k_{10}(0)^2; k_{10}(0)^3 \} \quad (\text{Eq.5.3.12.})$$

- Estoc =  $d_{10}$ .

$$k_{10}(d_{10}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + 0 \cdot C_s + k_{11}(0) \quad (\text{Eq.5.3.13.})$$

- Estoc =  $d_{10} + d_{11}$ .

$$k_{10}(d_{10} + d_{11}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + d_{11} \cdot C_s + k_{11}(d_{11}) \quad (\text{Eq.5.3.14.})$$

- Estoc =  $d_{10} + d_{11} + d_{12}$ .

$$k_{10}(d_{10} + d_{11} + d_{12}) = 0 \cdot C_A + 0 \cdot C_L + (d_{11} + d_{12}) \cdot C_s + k_{11}(d_{11} + d_{12}) \quad (\text{Eq.5.3.15.})$$

Es pot comprovar, tal i com ja s'havia avançat prèviament, com a mida que es retrocedeix en els períodes augmenten les possibilitats i la demanda que es pot acumular. El procés que s'ha anat descrivint és anàleg per la resta de períodes, per tant a continuació es mostren les possibilitats amb les corresponents equacions del període 1.

### Període 1

- Estoc = 0. La única possibilitat pel començament de l'exercici és que l'estoc estigui a 0, per tant en aquest cas es contemplen totes les possibilitats de demanda acumulada ja que es tracta de l'inici del cicle, tal i com mostren les següents equacions.

$$k_1(0)^1 = d_1 \cdot C_A + 1 \cdot C_L + 0 \cdot C_s + K_2(0) \quad (\text{Eq.5.3.16.})$$

$$k_1(0)^2 = (d_1 + d_2) \cdot C_A + 1 \cdot C_L + d_2 \cdot C_s + K_2(d_2) \quad (\text{Eq.5.3.17.})$$

$$k_1(0)^3 = (d_1 + d_2 + d_3) \cdot C_A + 1 \cdot C_L + (d_2 + d_3) \cdot C_s + K_{11}(d_2 + d_3) \quad (\text{Eq.5.3.18.})$$

$$k_1(0)^4 = \sum_{t=1}^4 d_t \cdot C_A + 1 \cdot C_L + \sum_{t=2}^4 d_t \cdot C_s + K_{11}\left(\sum_{t=2}^4 d_t\right) \quad (\text{Eq.5.3.19.})$$

L'expressió a l'equació 5.3.19. s'aniria repetint per tots els períodes fins a arribar a l'equació 5.3.20.

$$k_1(0)^{12} = \sum_{t=1}^{12} d_t \cdot C_A + 1 \cdot C_L + \sum_{t=2}^{12} d_t \cdot C_s + K_{11}\left(\sum_{t=2}^{12} d_t\right) \quad (\text{Eq.5.3.20.})$$

Finalment, per saber quina és la política òptima en aquest període s'aplica l'equació 5.3.21.



$$k_1(0) = \min\{k_1(0)^1; \dots; k_1(0)^{12}\} \quad (\text{Eq.5.3.21.})$$

Un cop es sap quina és la política òptima pel primer període el que es fa es avançar als períodes posteriors tenint en compte les decisions que hagin resultat en períodes anteriors i afectin de manera directa els períodes que s'estan avaluant. Per exemple, si pel primer període el que resulta més òptim és comprar les unitats corresponents a la demanda dels dos períodes posteriors (2 i 3), aquests dos períodes es saltarien i s'avaluaria directament el quart període, per tal de mantenir una coherència entre resultats.

Finalment, el cost total és correspon amb el cost del primer període ja que el cost òptim que resulti d'aquest període, és a dir el mínim de totes les possibilitats contemplades, ja inclou tots els mínims costos dels períodes posteriors. Com es pot comprovar a l'apartat de metodologia, les fórmules són acumulatives per tant el cost òptim d'un període ja té en compte els costos òptims dels períodes posteriors.

$$K_T = k_1(0) \quad (\text{Eq.5.3.22.})$$

A les següents taules es mostren els resultats obtinguts de la planificació òptima utilitzant l'algoritme Wagner-Whitin.

Es fa evident que les dades de la previsió de la demanda mensuals obtingudes amb els mètodes triats no són adients per a la utilització amb aquest algoritme ja que en ser les demandes idèntiques per a tots els mesos (o com a molt variar en una unitat) la política més òptima és aquella en la qual a cada període només s'adquireixen les unitats corresponents a la demanda d'aquell període concret i no es fan compres per avançat, tal i com es pot observar a les taules.

En fer la comparativa dels resultats de la taula 5.3.5. amb els de la taula 5.3.1. resulta que la mitjana de l'augment del cost total és de 5,17%. Es fa evident doncs que fer una comanda mensual no resulta en absolut rendible per les dades amb les quals s'està treballant, l'objectiu de l'algoritme Wagner-Whitin és minimitzar el nombre de comandes de manera que l'agrupació de les demandes de períodes consecutius resulti en un cost més econòmic, és per aquesta raó que els resultats presentats salten a la vista.

Quan es comparen els resultats de la taula 5.3.6. amb els de la taula 5.3.2. resulta que la mitjana de l'augment del cost total és de 5,80%. Per tant es confirma que, al menys pel cas dels pressòstats, fer una política d'aprovisionament amb aquest algoritme no és òptim.

Pel que fa als acumuladors, comparant els resultats de la taula 3.5.7. amb els de la taula 5.3.3, s'obté un estalvi de 1,65% de mitjana, ja que les últimes 3 referències presenten un estalvi respecte la planificació comparada.

D'altra banda amb la demanda obtinguda mitjançant el mètode III hi ha un augment mig en el cost total de 1,41% respecte els resultats taula 5.3.4., tot i que la primera referència presenta un estalvi respecte la planificació comparada.

En el cas dels acumuladors els resultats no són tan reveladors com és en el cas dels pressòstats, de tota manera s'ha de tenir en compte que aquest augment del cost és sense tenir en compte les limitacions imposades pels fabricants pel que fa a les mides dels lots i la quantitat mínima de comanda. Per aquesta raó es sospita que d'haver tingut en compte aquests, la diferència en el preu hagués sigut més gran. En definitiva, les dades utilitzades per posar en pràctica aquest algoritme no són adients, ja que hauria d'existir una diferència més marcada entre la quantitat a demanar entre mesos consecutius perquè l'algoritme complís el seu objectiu.

## a) Pressòstats

	GEN 2019	FEB 2019	MAR 2019	ABR 2019	MAIG 2019	JUNY 2019	JUL 2019	AGO 2019	SET 2019	OCT 2019	NOV 2019	DEC 2019	COST TOTAL
<b>S.045</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1768,41</b>
<b>S.052</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>621,81</b>
<b>S.058</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1768,41</b>
<b>S.079</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>2106,51</b>
<b>S.107</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1430,946</b>
<b>S.110</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>2377,026</b>

Taula 5.3.5. Planificació individual de pressòstats amb demanda no homogènia, mètode II (Font: Elaboració pròpia)

	GEN 2019	FEB 2019	MAR 2019	ABR 2019	MAIG 2019	JUNY 2019	JUL 2019	AGO 2019	SET 2019	OCT 2019	NOV 2019	DEC 2019	COST TOTAL
<b>S.045</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>3091,41</b>
<b>S.052</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>5311,11</b>
<b>S.058</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>4238,01</b>
<b>S.079</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1503,81</b>
<b>S.107</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>3263,976</b>
<b>S.110</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>5254,686</b>

Taula 5.3.6. Planificació individual de pressòstats amb demanda no homogènia, mètode III (Font: Elaboració pròpia)

## b) Acumuladors

	GEN 2019	FEB 2019	MAR 2019	ABR 2019	MAIG 2019	JUNY 2019	JUL 2019	AGO 2019	SET 2019	OCT 2019	NOV 2019	DEC 2019	COST TOTAL
<b>FI.01</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>673,806</b>
<b>FI.02</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1728,606</b>
<b>FI.03</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>10844,172</b>
<b>FI.04</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1674,756</b>
<b>FI.05</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>3087,678</b>
<b>FI.06</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>8835,138</b>
<b>FI.07</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1778,088</b>
<b>FI.08</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>2949,048</b>

Taula 5.3.7. Planificació individual d'acumuladors amb demanda no homogènia, mètode II (Font: Elaboració pròpia)

	GEN 2019	FEB 2019	MAR 2019	ABR 2019	MAIG 2019	JUNY 2019	JUL 2019	AGO 2019	SET 2019	OCT 2019	NOV 2019	DEC 2019	COST TOTAL
<b>FI.01</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>2017,736</b>
<b>FI.02</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>2585,766</b>
<b>FI.03</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>1082,892</b>
<b>FI.04</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>3087,616</b>
<b>FI.05</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>4108,398</b>
<b>FI.06</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>5636,898</b>
<b>FI.07</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>6837,688</b>
<b>FI.08</b>	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG	JUNY	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	<b>11220,768</b>

Taula 5.3.8. Planificació individual d'acumuladors amb demanda no homogènia, mètode III (Font: Elaboració pròpia)

### 5.3.3. Planificació conjunta. A cada entrega tots els productes.

S'utilitzen les dades de previsió de la demanda obtingudes primer com a sumatori de les dades mensuals amb el mètode II i després amb el mètode III per saber quina és la planificació conjunta òptima per a cada proveïdor, en aquest apartat s'avalua la planificació on a cada entrega s'inclouen tots els productes.

a) Pressòstats

	Q_0	Q_0*	K_t
S.045	56,2971434	60	1772,41164
S.052	18,4503243	20	581,983714
S.058	55,1144303	60	1735,45194
S.079	66,468476	70	2092,19444
S.107	15,6118129	20	1318,14207
S.110	26,4927733	30	2231,90519

**Taula 5.3.9.** Planificació conjunta pressòstats. A cada entrega tots els productes mètode II  
(Font: Elaboració pròpia)

Comparant els resultats obtinguts a la taula anterior amb els de l'apartat 5.2.1. s'aprecia un augment en el cost total del 41,67%. Aquest increment es deu únicament al canvi en una de les demandes previstes, concretament la referència S.079. S'ha de tenir en compte el cas especial d'aquesta referència, ja que calculant amb el mètode II de manera mensual es veia que aquest producte tenia una tendència additiva, la qual cosa desencadena que tot i tenir una freqüència pràcticament semblant en ambdues planificacions, considerant la demanda com a sumatori de les demandes mensuals s'ha de demanar a cada comanda un lot amb 20 unitats més que genera aquest augment en el cost total.

	Q_0	Q_0*	K_t
S.045	64,2198032	70	3062,87232
S.052	111,490554	120	5315,34971
S.058	88,6326581	90	4225,03499
S.079	30,9436824	40	1478,24956
S.107	24,7238467	30	3160,15879
S.110	40,5844277	50	5183,7552

**Taula 5.3.10.** Planificació conjunta pressòstats. A cada entrega tots els productes mètode III  
(Font: Elaboració pròpia)

En aquest cas l'increment en el cost total és del 226,44%, la qual cosa pot semblar completament desorbitada però s'ha de tenir en compte que la mitjana de la diferència entre les previsions de la demanda amb els dos mètodes és de 225,85% la qual cosa indica que l'increment en el cost no és

desproporcionat, però si ajuda a concloure el que ja s'havia dit anteriorment respecte que la demanda que s'ha escollit com a solució final seria l'escenari més moderat quant a les quantitats de producte. Per aquesta raó també la freqüència en aquest cas és gairebé dos punts més alta que la freqüència del cas amb el que es compara.

b) Acumuladors

	Q_0	Q_0*	K_t
FI.01	23,9687	48	666,631658
FI.02	49,5353133	50	1741,20708
FI.03	335,5618	336	10927,5882
FI.04	30,3603533	48	1564,79384
FI.05	51,9321833	52	3258,5755
FI.06	104,663323	105	9604,76117
FI.07	24,7676566	48	2699,10858
FI.08	19,17496	48	3510,14696

**Taula 5.3.11.** Planificació conjunta acumuladors. A cada entrega tots els productes mètode II  
(Font: Elaboració pròpia)

	Q_0	Q_0*	K_t
FI.01	83,8904499	84	2131,12177
FI.02	81,4935799	82	2862,76662
FI.03	29,5613966	48	1125,51281
FI.04	67,1123599	70	3414,1529
FI.05	72,7050566	73	4560,36601
FI.06	63,1175766	64	6202,78622
FI.07	70,3081866	71	7494,13169
FI.08	69,5092299	70	12285,0345

**Taula 5.3.12.** Planificació conjunta acumuladors. A cada entrega tots els productes mètode III  
(Font: Elaboració pròpia)

Pel que fa a la comparativa de la planificació en el cas dels acumuladors la diferència entre els resultats de l'apartat 5.2.2. i els de la taula 5.3.11. és un increment en el cost total del 39,28% i del 64,30% si s'analitzen els de la taula 5.3.12. les freqüències resultants en els tres casos són bastant semblants, de fet cap d'elles supera el valor d'1,26. És per aquesta raó que es fa evident, un altre cop, la importància i la incidència que té la demanda amb la qual es fa la planificació en el cost total, ja que un increment d'unes quantes unitats pot significar un augment important en el cost total, la qual cosa es veu clarament reflectida en els resultats obtinguts.

### 5.3.4. Planificació conjunta. A cada entrega un subconjunt de productes.

S'utilitzen les dades de previsió de la demanda obtingudes primer com a sumatori de les dades mensuals amb el mètode II i després amb el mètode III per saber quina és la planificació conjunta òptima per a cada proveïdor, en aquest apartat s'avalua la planificació on a cada entrega s'inclou només un subconjunt dels productes.

#### a) Pressòstats

	N' j	N'' j	M' j	m j	N	Q 0	Q 0*	K 0
S.045	2,05383301	10,9087121	0,18827456	1	3,85429708	61,749262	70	1762,82591
S.052	1,17577427	6,244998	0,18827456	1	3,85429708	20,2371531	30	579,108412
S.058	2,03214462	10,7935166	0,18827456	1	3,85429708	60,4520086	70	1726,07591
S.079	2,23166916	11,8532696	0,18827456	1	3,85429708	72,9056413	80	2080,80529
S.107	1,72058198	5,74456265	0,29951488	1	3,85429708	17,1237449	20	1311,25894
S.110	2,24136411				3,85429708	29,0584762	30	2223,09281

**Taula 5.3.13.** Planificació conjunta pressòstats. A cada entrega un subconjunt de productes mètode II

(Font: Elaboració pròpia)

	N' j	N'' j	M' j	m j	N	Q 0	Q 0*	K 0
S.045	2,70552579	14,3701079	0,18827456	1	5,69590215	72,508268	80	3051,0046
S.052	3,56480871				5,69590215	125,879971	130	5295,05148
S.058	3,17844045	16,881943	0,18827456	1	5,69590215	100,071944	110	4210,74273
S.079	1,87803287	9,97496867	0,18827456	1	5,69590215	34,9373979	40	1470,3871
S.107	2,67055769	8,91627725	0,29951488	1	5,69590215	27,9148054	30	3149,46213
S.110	3,42155603	11,4236597	0,29951488	1	5,69590215	45,8224164	50	5170,22988

**Taula 5.3.14.** Planificació conjunta pressòstats. A cada entrega un subconjunt de productes mètode III

(Font: Elaboració pròpia)

Els resultats de les taules anteriors confirmen el que ja s'havia comentat anteriorment respecte aquest tipus de planificació i és que segueix sent més viable que a totes les entregues s'inclouguin tots els productes. L'augment en el cost total respecte els resultats de l'apartat 5.2.1. amb els dades de la taula 5.3.13. i 5.3.14. és de 10,07% i 142,49%, respectivament. Aquest increment és sensiblement menor al que s'observava a l'apartat anterior, a més a més també es pot veure que el producte dominant, és a dir el més freqüent, es manté en el cas dels resultats de la taula 5.3.13. però no és així pel cas de la taula 5.3.14. on, igual que passava a l'apartat anterior, la freqüència és més alta ja que la demanda també ho és.

## b) Acumuladors

	N'_j	N''_j	M'_j	m_j	N	Q_0	Q_0*	K_0	
FI.01	1,19823762	4,1531648	0,28851194		1	3,96373115	7,56862633	48	663,331006
FI.02	1,93237399	5,97168877	0,3235892		1	3,96373115	15,6418278	48	1734,76351
FI.03	5,17550976					3,96373115	105,960769	106	11559,5889
FI.04	1,77281725	4,67504706	0,37920843		1	3,96373115	9,58692669	48	1559,13608
FI.05	2,52749712	6,11479071	0,41334156		1	3,96373115	16,3986904	48	3245,6892
FI.06	4,26001759	8,68044167	0,49076047		1	3,96373115	33,0496683	48	10143,4216
FI.07	2,13357119	4,22293131	0,50523464		1	3,96373115	7,82091388	48	2688,6402
FI.08	2,21308095	3,71561648	0,59561609		1	3,96373115	6,05490107	48	3493,57353

**Taula 5.3.15.** Planificació conjunta acumuladors. A cada entrega un subconjunt de productes mètode II  
(Font: Elaboració pròpia)

	N'_j	N''_j	M'_j	m_j	N	Q_0	Q_0*	K_0	
FI.01	2,24169732	7,76985987	0,28851194		1	4,74475751	22,1296873	48	2251,31814
FI.02	2,4785371	7,65951739	0,3235892		1	4,74475751	21,4974105	48	2830,51182
FI.03	1,53613487	4,61303527	0,33299873		1	4,74475751	7,79808029	88	1153,04316
FI.04	2,63579611	6,95078462	0,37920843		1	4,74475751	17,7037499	48	3382,73083
FI.05	2,99057492	7,23511794	0,41334156		1	4,74475751	19,1790623	48	4517,97733
FI.06	3,30818121	6,7409285	0,49076047		1	4,74475751	16,6499552	48	6157,52927
FI.07	3,59474118	7,11499348	0,50523464		1	4,74475751	18,5467856	48	7428,94432
FI.08	4,21358059					4,74475751	18,3360266	48	12182,7321

**Taula 5.3.16.** Planificació conjunta acumuladors. A cada entrega un subconjunt de productes mètode III  
(Font: Elaboració pròpia)

Es veu un cas molt similar al dels pressòstats, ja que no és rendible fer pròpiament el que el nom del mètode indica, és a dir a cada entrega incloure un subconjunt dels productes i no tots els productes com resulta en ambdós casos. La diferència entre els resultats obtinguts a l'apartat 5.2.2. i els de les taules anteriors pel que fa al cost total és de 10,63% i 25,82%, respectivament. La qual cosa confirma el que s'ha comentat observant els resultats dels pressòstats, i és que la diferència és menor en aquests casos que el que s'ha vist amb l'anàlisi de sensibilitat de l'apartat 5.3.3. i la importància del dimensionament de la demanda per assegurar que la solució sigui realment òptima.



## 6. Anàlisi de riscos ambientals

Per tal d'avaluar quins són els riscos ambientals en quant a la realització del projecte en primer lloc es determinen les emissions de CO<sub>2</sub> derivades de la realització d'aquest i de manera complementària s'avaluen altres tipus de riscos com poden ser la generació de residus o la despesa innecessària de recursos energètics per mantenir els productes.

### 6.1. Emissions CO<sub>2</sub>

#### a) Emissions d'aparells electrònics

Per saber quina és la quantitat proporcional d'emissions de CO<sub>2</sub> que emeten els aparells electrònics utilitzats primerament s'ha de saber la potència que consumeix cadascun d'aquests aparells i durant quant de temps s'han estat utilitzant, aquesta energia es multiplica per un factor que la transforma en kg de CO<sub>2</sub> emesos<sup>1</sup>, segons es mostra al següent factor de conversió.

$$45 \text{ W} \cdot 580 \text{ h} = 26,1 \text{ kWh} \cdot \frac{0,39 \text{ kg CO}_2}{\text{kWh}} = \mathbf{10,18 \text{ kg CO}_2}$$

#### b) Emissions transport

En el cas del transport el que s'ha de tenir en compte són els quilòmetres totals recorreguts en tots els trajectes i posteriorment es multipliquen per un factor que els transforma en kg de CO<sub>2</sub> per persona ja que es tracta d'un transport públic. El càlcul es mostra a continuació.

$$(4,1 \text{ km} \cdot 5) + (5,2 \text{ km} \cdot 5) = 46,5 \text{ km} \cdot \frac{0,069 \text{ kg CO}_2}{\text{km} \cdot \text{passatger}} = \mathbf{3,21 \text{ kg CO}_2}$$

#### c) Total emissions

Tenint en compte els càlculs duts a terme en els dos subapartats anteriors, el total d'emissions de les activitats derivades de la realització d'aquets projecte són **13,39 kg CO<sub>2</sub>**.

---

<sup>1</sup> Aquest factor s'ha extret de la referencia [1.] Tenint en compte que la comercialitzadora és ENDESA ENERGÍA S.A.

## 6.2. Altres riscos ambientals

A banda de les emissions generades per la realització d'aquest anàlisi, hi ha altres riscos mediambientals associats a l'aplicació de la política d'aprovisionament òptima que s'ha determinat.

Com ja s'ha comentat anteriorment, darrere les polítiques òptimes d'estoc sempre hi ha el mòbil econòmic, la qual cosa representa un risc ja que més barato no sempre implica més ajustat a les necessitats com s'ha vist en apartats anteriors. Tenint en compte les previsions de demanda considerades, en cas d'aplicar qualsevol de les polítiques òptimes d'aprovisionament individual hi ha el risc que el sobrant no es consumeixi, ja que els lots de comanda són en molts casos molt més grans que la demanda anual prevista. Aquest supòsit podria generar residus i malbaratament dels productes, a la mateixa empresa s'han vist en el passat situacions en les que s'havien comprat grans lots per tenir en estoc i en passar uns anys es va haver d'acabar venent al ferroveller.

D'altra banda hi ha unes despeses energètiques i de recursos innecessàries quan es compren lots molt més grans de la quantitat que es consumirà. Els productes han de venir dels magatzems o fàbriques que estan a una distància considerable de les instal·lacions de l'empresa per tant la part proporcional d'emissions varia en funció del pes del paquet. Finalment embalar un paquet més gran o més petit genera uns residus en proporció a aquesta mida, tenir un paquet més gran del necessari generaria més residus, tot i així s'ha de considerar que fer una única comanda d'un paquet gran genera menys residus que fer-ne dues petites.

Per tant tenint en compte tots aquests factors, es fa evident que tant des del punt de vista ambiental com econòmic la planificació conjunta seria l'opció més viable ja que es redueixen la quantitat de comandes que s'han de fer i per tant les emissions pel transport i els recursos de l'embalatge.

## 7. Anàlisi econòmica

En el següent apartat es desglossen els costos que ha suposat la realització d'aquest projecte. S'han separat els costos segons el concepte, recursos humans i despeses de serveis.

### 7.1. Recursos humans

Es consideren com a recursos humans l'estudiant que dur a terme el projecte i el tutor que el supervisa. Pel càlcul d'hores totals es té en compte que cada ECTS suposa una dedicació d'entre 25 i 30 hores, aquest treball representa 24 ECTS i s'han considerat una mitjana de dedicació de 27 hores. En el cas del tutor es compten les reunions realitzades, així com les hores aproximades de revisió de la memòria.

	HORES TOTALS [h]	COST [€/h]	TOTAL [€]
<b>SUPERVISIÓ</b>	20	45	900
<b>ENCARREGADA</b>	648	22	14.256
		<b>TOTAL</b>	<b>15.156</b>

**Taula 7.1.1.** Pressupost de recursos humans (Font: Elaboració pròpia)

### 7.2. Materials

Tot el treball s'ha fet utilitzant únicament un ordinador. Per tant sota aquest concepte es considera la part proporcional de la utilització del hardware però també les llicències dels softwares que s'han anat utilitzant (Microsoft Office, tant EXCEL com WORD). El programa R no es té en compte ja que es tracta d'un entorn de descàrrega lliure.

	HORES TOTALS [h]	COST [€]	DEPRECIACIÓ [anys]	COST DEPRECIACIÓ [€/h]	TOTAL [€]
<b>Hardware</b>	600	1.150	4	0,033	19,70
<b>Excel</b>	280	11,50	1	0,0013	0,37
<b>Word</b>	150	11,50	1	0,0013	0,20
				<b>TOTAL</b>	<b>20,27</b>

### 7.3. Serveis

Aquest concepte engloba les despeses elèctriques i de transport per anar a les reunions amb el tutor que ha suposat la realització del treball. Per al càlcul de la despesa de l'ordinador tenint en compte el model d'ordinador, el consum de potència d'aquest i el preu de l'electricitat a dia 16 de maig de 2019.

	HORES TOTALS [h]	COST [€/h]	TOTAL [€]
ELECTRICITAT	600	0,06	36
	DESPLAÇAMENTS	COST [€/desplaçament]	TOTAL [€]
TRANSPORT	10	1,02	10,20
		<b>TOTAL</b>	<b>46,20</b>

**Taula 7.2.1.** Pressupost de recursos humans (Font: Elaboració pròpia)

### 7.4. Aplicació d'IVA

Al sub-total, que en aquest cas és de 15.222,47 €, se li han d'afegir tots els impostos i les taxes que corresponguin. En aquest cas simplement s'ha d'afegir el 21% d'IVA de caràcter general. I per tant el total del pressupost calculat ascendeix a **18.419,19 €**.

## Conclusions

Hi ha molts factors darrera la motivació de l'acumulació d'estoc, els quals permeten comprendre la importància de gestionar-los de manera correcta. En primer lloc, l'estoc és un recurs que evita l'escassetat, per tant, afrontar el futur amb major seguretat i evitar possibles moments d'insuficiència. Aquesta acumulació de material serveix, doncs, per a protegir una empresa davant la possibilitat que les provisions arribin tard o la demanda sigui major del que s'havia previst. En el cas concret de les empreses industrials, com l'empresa en la qual es basa l'estudi, el cost d'adquisició cada article disminueix a mesura que augmenta el número de comanda d'aquests. La qual cosa implica que les comandes de grans quantitats de producte poden servir per a abaratir els costos de compra i per tant abaratir el preu de venda del producte (per tant ser més competitiu) o bé augmentar el marge de contribució d'aquest producte i per tant els beneficis de l'empresa. No obstant això, tal i com s'ha vist s'ha de vigilar que el cost d'emmagatzematge no incrementi fins a deixar de compensar l'estalvi obtingut. L'acumulació d'estocs vol ser una garantia per poder cobrir la demanda d'un producte, de manera que es tingui l'article disponible quan el demani el client. No obstant això, un estoc excessiu pot comportar uns majors costos d'emmagatzematge, que repercutiran en el preu de venda i, en conseqüència, en els beneficis de l'empresa. Com s'ha esmentat al llarg de l'estudi, el nivell d'estoc ha d'estar equilibrat. Això suposa fer una gestió òptima dels estocs perquè l'empresa sigui competitiva.

Quant a la metodologia de treball, ha estat necessari aprofundir molt en algunes temàtiques, ja que els coneixements adquirits al llarg de la formació acadèmica de la titulació eren massa limitats per dur a terme l'anàlisi que es requeria. Primerament, es van haver d'assimilar conceptes desconeguts i molt complexos, fora de l'abast purament acadèmic de la universitat. Val a dir que una de les complicacions més grans alhora de realitzar aquest treball ha estat l'estimació de la demanda, per tal de fer-ho es van haver d'invertir moltes hores tant a nivell de recerca de mètodes de predicció, els quals es poguessin ajustar a les dades amb les que s'estava treballant, com a nivell de càlcul i aplicació d'aquests mètodes. Es pot concloure que els models i plantejaments emprats al llarg de l'estudi no són simplement fruit de l'aplicació de coneixements universitaris a nivell de grau, sinó que han suposat un aprenentatge complementari a la formació d'enginyeria.

Pel que fa als resultats obtinguts. Primerament cal emfatitzar que tant les sèries històriques de demanda de l'empresa com la previsió de demanda obtingudes confirmen que la política d'aprovisionament que l'empresa aplica als cabalímetres (referències W) és correcta i no val la pena fer una planificació nova per abastir aquests productes, ja que el volum de vendes i la manera com es donen aquestes operacions permet simplement fer una comanda a fàbrica cada vegada que es ven un d'aquests aparells. Amb els resultats obtinguts a l'apartat 4.2.5. es pot veure clarament que cap de les estimacions de la demanda s'acaba d'ajustar a les dades reals, per tant es corrobora el que s'ha repetit al llarg del projecte: la predicció de la demanda tenint en compte les dades de l'empresa és molt

complexa; tot i així, el mètode d'estimació mitjançant allisat exponencial és el més fiable i moderat respecte els altres mètodes que s'havien provat. Cal tenir en compte que tots els mètodes utilitzats per a l'estimació de la demanda es basen en l'assumpció que els patrons històrics existents continuaran en un futur, per tant es poden obtenir resultats més o menys precisos per un futur immediat, però no a llarg termini, es fa evident doncs que aquestes tècniques no permeten preveure canvis significants i sobtats, els quals es donen sovint a la demanda de l'empresa. Una altra conclusió extreta en base als resultats és la comprovació de la sospita per part de l'empresa que la facturació de l'empresa segueix la tendència de l'IPI per l'estreta relació que té la companyia amb el sector industrial, de tota manera, aquest índex només seria aplicable a una part dels clients nacionals (les empreses espanyoles dedicades a activitats del sector industrial) i s'ha de tenir en compte que aproximadament un 50% de la facturació anual són exportacions, per tant aplicar la tendència d'aquest índex per a l'estimació de la demanda resulta si més no, arriscat. Altrament, respecte la planificació de gestió d'estocs resulta que la planificació conjunta amb tots els productes a totes les entregues és l'òptima, per determinar-la s'han fet servir únicament indicadors econòmics, però val a dir que pel que fa a les quantitats de les comandes també resulta menys arriscada que la planificació individual.

Amb l'anàlisi de sensibilitat s'ha vist que la demanda és una variable extremadament sensible i influent a l'anàlisi d'estocs, les petites variacions en aquesta suposen grans canvis en els costos de les planificacions corresponents, per tant es fa evident que resulta essencial a l'hora de fer una gestió d'estocs determinar la demanda d'una manera molt precisa. Tenint en compte les diferents estimacions de la demanda obtingudes, on no existeix pràcticament variació de la demanda mes a mes, es pot veure que hi ha mètodes de gestió que no són aplicables per aquest estudi com és el cas de l'algoritme Wagner-Whitin o la planificació conjunta amb un subconjunt dels productes a cada entrega. Pel que fa als descomptes per quantitats que apliquen els proveïdors, es pot dir que en el cas dels pressòstats encara que, com s'ha vist a l'apartat 5.1., l'aplicació d'aquests genera uns costos més baixos en alguns casos que no pas sense aplicar-los, les quantitats a demanar són molt grans pel volum de vendes de l'empresa i per tant el risc de realitzar aquestes comandes és massa alt, ja que en cas de no vendre totes les unitats la inversió feta per a l'adquisició d'aquests productes es perd. Es conclou doncs, que aquesta no és una política d'aprovisionament que realment es pugui aplicar a l'empresa ja que pot incórrer fàcilment tant en ruptures d'estoc com en excedents, al cap i a la fi pèrdues per la companyia, i tot i que el temps invertit en fer aquest estudi és menor al que s'ha dedicat per fer el control d'estocs amb la política utilitzada fins ara per l'empresa, no aporta les mateixes garanties que aquesta última, tot radica en la fiabilitat de l'estimació de la demanda, que en aquest cas és molt baixa. Segons les dades de l'INE al 2018 dins les PIMES les Microempreses (1-9 assalariats) i les Petites Empreses (10-49 assalariats) representen un 45,10% del total d'empreses, a més a menys d'un 1% de les Microempreses espanyoles factura més de 2 milions d'euros anuals, i en el cas de les Petites Empreses un 25% factura entre 2 i 10 milions anuals, aquestes dades donen una idea del marge de maniobra i el risc d'invertir capital que tenen aquests tipus d'empresa, evidentment els resultats d'aquest estudi no són

extrapolables a totes les PIMES espanyoles, però si que s'hauria d'avaluar l'aplicabilitat d'aquestes tècniques de planificació d'estocs a les empreses amb aquestes característiques.

De cara a millorar l'estudi realitzat, es té en compte en primer lloc utilitzar altres tècniques per a la predicció de la demanda com poden ser les xarxes neuronals, un conjunt d'algorismes, que estan dissenyats per a reconèixer patrons i *deep learning* ja que les xarxes estan compostes de diverses capes. Les capes estan fetes de nodes, on es realitzen els càlculs de manera que es combina l'entrada de les dades amb un conjunt de coeficients o ponderacions, que amplifiquen o redueixen aquesta entrada, l'aplicació d'aquest mètode d'estimació requereix coneixements de programació més avançats per tal d'ajustar l'algoritme a les dades que s'introdueixen. També es planteja introduir els models de demanda aleatòria, els quals no es van utilitzar finalment al projecte, contemplar aquesta possibilitat quan es fa la planificació dels estocs pot resultar molt profitós tenint en compte les dades amb les que es treballa, on el nivell d'incertesa i la variabilitat de la demanda d'un mes a un altre són tan alts. Finalment, l'empresa comptabilitza que entre un 20 i 25% de la facturació anual total prové de clients habituals, els quals compren gairebé sempre els mateixos productes i per aquesta raó molts estocs s'ajusten a les seves necessitats, probablement fer una planificació per aquests productes sigui més senzill ja que la previsió de demanda la pot avançar el client, però hi ha un risc important: si el client deixa de consumir el producte per alguna raó i l'empresa ja ha adquirit la quantitat per satisfer la demanda del client, aquesta inversió es perdria provocant pèrdues a l'empresa.

La gestió d'estocs segueix sent una de les qüestions clau i més delicades pel desenvolupament de les empreses, sobretot en el cas de les PIMES on els recursos econòmics no son tan abundants com en altres casos. En definitiva, establir el punt per tenir en estoc la quantitat de producte adient en el moment adient és molt complex, especialment en el cas de disposar de poques dades i volums de venda tan baixos, com és el cas de l'empresa en qüestió.

## Bibliografia

- [1.] FACTORES DE EMISIÓN REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO. A: [en línea]. 2018. [Consulta: 23 maig 2019]. Disponible a: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores\\_emision\\_tcm30-446710.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-446710.pdf).
- [2.] El, H. Tipos impositivos en el IVA. A: [en línea]. 2012. [Consulta: 16 maig 2019]. Disponible a: [https://www.agenciatributaria.es/static\\_files/AEAT/Contenidos\\_Comunes/La\\_Agencia\\_Tributaria/Segmentos\\_Usuarios/Empresas\\_y\\_profesionales/Novedades\\_IVA\\_2014/Nuevos\\_tipos\\_IVA.pdf](https://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/Contenidos_Comunes/La_Agencia_Tributaria/Segmentos_Usuarios/Empresas_y_profesionales/Novedades_IVA_2014/Nuevos_tipos_IVA.pdf).
- [3.] Maintainer, M. i Marchena, M. Package «SCperf» Type Package Title Functions for Planning and Managing Inventories in a Supply Chain Version 1.1.1. A: [en línea]. 2018. [Consulta: 15 maig 2019]. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/SCperf/SCperf.pdf>.
- [4.] Sección prensa / Índice de Producción Industrial (IPI). A: [en línea]. [Consulta: 13 maig 2019]. Disponible a: [https://www.ine.es/prensa/ipi\\_prensa.htm](https://www.ine.es/prensa/ipi_prensa.htm).
- [5.] INEbase / Industria, energía y construcción /Industria y energía /Índices de producción industrial / Resultados. A: [en línea]. [Consulta: 13 maig 2019]. Disponible a: [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736145519&menu=resultados&idp=1254735576715](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736145519&menu=resultados&idp=1254735576715).
- [6.] ses function | R Documentation. A: [en línea]. [Consulta: 13 maig 2019]. Disponible a: <https://www.rdocumentation.org/packages/forecast/versions/8.6/topics/ses>.
- [7.] Time series forecasting — Smoothing models – Towards Data Science. A: [en línea]. [Consulta: 13 maig 2019]. Disponible a: <https://towardsdatascience.com/time-series-forecasting-part-1-d523bcc3acbf>.
- [8.] Time Series In R | Time Series Forecasting | Time Series Analysis | Data Science Training | Edureka - YouTube. A: [en línea]. 2017, [Consulta: 24 abril 2019]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=wNB8AgZPFLU>.
- [9.] ets function | R Documentation. A: [en línea]. [Consulta: 12 maig 2019]. Disponible a: <https://www.rdocumentation.org/packages/forecast/versions/8.5/topics/ets>.
- [10.] IESE Business School. 1. The Functions And Costos of Inventory. A: . University Of Navarra, 2013.
- [11.] IESE Business School. 3. Inventory Management - Batching. A: . University Of Navarra, 2013.



- [12.] IESE Business School. 2. Inventory Management - Safety Stock. A: . University Of Navarra, 2013.
- [13.] ESTIMACION.LINEAL (función ESTIMACION.LINEAL) - Soporte de Office. A: [en línea]. [Consulta: 19 abril 2019]. Disponible a: <https://support.office.com/es-es/article/estimacion-lineal-función-estimacion-lineal-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d>.
- [14.] Package «forecast» Title Forecasting Functions for Time Series and Linear Models Description Methods and tools for displaying and analysing univariate time series forecasts including exponential smoothing via state space models and automatic ARIMA modelli. A: [en línea]. 2019. [Consulta: 15 abril 2019]. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf>.
- [15.] 6: Demand Forecasting. A: [en línea]. [Consulta: 14 abril 2019]. Disponible a: <https://nptel.ac.in/courses/110101005/downloads/Lecture%2016.pdf>.
- [16.] forecast function | R Documentation. A: [en línea]. [Consulta: 15 abril 2019]. Disponible a: <https://www.rdocumentation.org/packages/forecast/versions/8.5/topics/forecast>.
- [17.] Techniques of Demand Forecasting (Survey and Statistical Methods). A: [en línea]. [Consulta: 14 abril 2019]. Disponible a: <http://www.economicdiscussion.net/demand-forecasting/techniques-of-demand-forecasting-survey-and-statistical-methods/3611>.
- [18.] 5 Statistical Methods For Forecasting Quantitative Time Series | Bista INC. A: [en línea]. [Consulta: 14 abril 2019]. Disponible a: <https://www.bistasolutions.com/resources/blogs/5-statistical-methods-for-forecasting-quantitative-time-series/>.
- [19.] Oxford Brookes University. *ABC analysis*1234 [en línea]. Disponible a: <https://www.brookes.ac.uk/documents/students/upgrade/abc-analysis/>.
- [20.] The ABC Analysis. A: [en línea]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: <http://www.leanlab.name/the-abc-analysis>.
- [21.] ABC Analysis: A Critical Inventory Management Tool. A: [en línea]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: <https://www.purchasing-procurement-center.com/abc-analysis.html>.
- [22.] ABC analysis (Inventory) Definition - Inventory Optimization Software - Lokad. A: [en línea]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: [https://www.lokad.com/abc-analysis-\(inventory\)-definition](https://www.lokad.com/abc-analysis-(inventory)-definition).
- [23.] A Complete Guide to ABC Analysis. A: [en línea]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: <https://www.cleverism.com/complete-guide-abc-analysis-customer-segmentation-inventory/>.

- [24.] 1.1.1. What is EDA? A: [en línia]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section1/eda11.htm>.
- [25.] SUCO Pressure Monitoring Mechanical Pressure Switches Electronic Pressure Switches Pressure Transmitters Sensor Technology. A: [en línia]. [Consulta: 23 març 2019]. Disponible a: [https://www.suco.de/fileadmin/media/PDF\\_Daten/Kataloge/SUCO-Pressure-Monitoring.pdf](https://www.suco.de/fileadmin/media/PDF_Daten/Kataloge/SUCO-Pressure-Monitoring.pdf).
- [26.] F. Y., & By, S. (2016). Nobel College Final Year Project On.ct, F.Y. i By, S. Nobel College Final Year Project On Inventory Management System. A: . 2016,
- [27.] Rangaraju, G. A STUDY ON INVENTORY MANAGEMENT IN SUJANA METAL PRODUCTS LIMITED. A: [en línia]. 2010. [Consulta: 23 febrer 2019]. Disponible a: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.2225&rep=rep1&type=pdf>.
- [28.] Chambers, J.C., Mullick, S.K. i Smith, D.D. How to Choose the Right Forecasting Technique. A: *Harvard Business Review* [en línia]. 1971, [Consulta: 23 febrer 2019]. Disponible a: <https://hbr.org/1971/07/how-to-choose-the-right-forecasting-technique>.
- [29.] Han, J. Uncertain Demand Forecasting and Inventory Optimizing for Short-life-cycle Products | R-bloggers. A: *R-bloggers* [en línia]. 2013, [Consulta: 23 febrer 2019]. Disponible a: <https://www.r-bloggers.com/uncertain-demand-forecasting-and-inventory-optimizing-for-short-life-cycle-products/>.
- [30.] Hyndman, R.J. Forecasting using R. A: [en línia]. [Consulta: 23 febrer 2019]. Disponible a: <https://robjhyndman.com/eindhoven/1-0-intro.pdf>.
- [31.] Rodriguez, E. *Gestión De Stocks* [en línia]. 2011. Màsrer Univerisitari en Enginyeria Industrial. Direcció d'Operacions.,2011. ISBN 9780874216561. DOI 10.1007/s13398-014-0173-7.2. Disponible a: <https://es.scribd.com/document/56024719/Gestion-de-stocks?>
- [32.] Ets, E., Industrial, E. i Polit, B.U. *Previsiones*. Departament d'Organització d'Empreses ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona Universitat Politècnica de Catalunya,
33. Chapter 4 Exploratory Data Analysis. A: [en línia]. [Consulta: 8 abril 2019]. Disponible a: <https://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/chapter4.pdf>.
- [34.] Appendix A • Statistical treatment of data Statistical treatment of data. A: [en línia]. [Consulta: 6 abril 2019]. Disponible a: <http://people.bu.edu/birubio/ch131/appA.pdf>.
- [35.] Caso práctico. A: [en línia]. [Consulta: 28 març 2019]. Disponible a: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448199316.pdf>.